

Lernen über das Thema Biodiversität im Naturkundemuseum

Empirische Untersuchungen zu kognitiven und motivationalen
Wirkungen eines computergestützten Informationssystems

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Biologie der
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Angela Susanne Krombaß

September 2007

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

1. Gutachter: Prof. Dr. Ute Harms

2. Gutachter: Prof. Dr. Sebastian Diehl

Datum der mündlichen Prüfung: 20.04.2010

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Summary	5
3	Einführung	6
3.1	Der Begriff Biodiversität	6
3.2	Erhaltung der Biodiversität	7
3.3	Biodiversität als Unterrichtsthema	9
3.3.1	Biodiversität im außerschulischen Unterricht	11
3.3.2	Computer als Vermittler des Themas Biodiversität	13
3.4	Lernen im Museum: Das Contextual Model of Learning	16
3.5	Von der Entwicklung des Prototypen des Informationssystems bis zur Implementation im Museum	22
3.5.1	Projektphase 1 (Vorarbeiten): Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System	23
3.5.2	Projektphase 2 (Hauptuntersuchung): Lernen über das Thema Biodiversität im Naturkundemuseum	25
3.6	Das Contextual Model of Learning als Untersuchungsrahmen	26
4	Überblick über die Publikationen	30
4.1	Artikel 1 Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernförderliche Ergänzung der Exponate	30
4.2	Artikel 2 Acquiring basic knowledge about biodiversity in a natural history museum – Are worksheets effective?	32
4.3	Artikel 3 Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit Computern und Ausstellungsobjekten in einem Naturkundemuseum	34
4.4	Artikel 4 Lernen mit Neuen Medien: TREBIS – Entwicklung und Erprobung eines Informationssystems zum Thema Biodiversität	36
4.5	Artikel 5 Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten	37
5	Schlussfolgerungen und Ausblick	39
6	Literaturverzeichnis	43
7	Im Rahmen der Dissertation entstandene Publikationen	54
8	Danksagung	107
	Lebenslauf	108

1 Zusammenfassung

Diese Arbeit behandelt die Entwicklung und Evaluation eines computergestützten Informationssystems zum Thema Biodiversität sowie dessen Einsatz mit Schulklassen in einem Naturkundemuseum. Die Erhaltung der biologischen Vielfalt wird als eine der größten Aufgaben für die Menschheit erachtet. Bereits Kinder und Jugendliche sollten an das Thema herangeführt werden, um sie auf umweltgerechtes Entscheiden und Handeln vorzubereiten. Das Thema Biodiversität mit seinen Aspekten Vielfalt der Erbinformationen, Arten und Ökosysteme ist Schülerinnen und Schülern jedoch kaum bekannt. Ziel war es daher, vor allem jungen Menschen mithilfe des computergestützten Informationssystems einen interessanten und informativen Zugang zum Thema Biodiversität bereitzustellen. Der Einsatz von Computern im außerschulischen Unterricht, z.B. in Naturkundemuseen, ist bislang wenig empirisch erforscht. Forschungsbedarf besteht auch in der fachdidaktischen Umsetzung des Themas Biodiversität. Die durchgeführten Untersuchungen werden durch ein Rahmenmodell für das Lernen an außerschulischen Bildungseinrichtungen, das „Contextual Model of Learning“ von Falk und Dierking, theoretisch eingefasst.

In der ersten Projektphase wurde das Informationssystem entwickelt und unter Einbindung von über tausend Schülerinnen und Schülern im Alter von zehn bis achtzehn Jahren in Hinblick auf kognitive und motivationale Wirkungen sowie Nutzerfreundlichkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Lernzuwachs von Prä- zu Posttest sowie eine gute Akzeptanz und Nutzerfreundlichkeit. Durch Log-Files aufgezeichnete Navigationspfade verweisen auf den Zusammenhang zwischen vorab bekundetem Interesse an Tieren und Pflanzen und tatsächlichem Nutzerverhalten.

In der zweiten Projektphase wurden Wissenserwerb und Motivation bei der Nutzung des computergestützten Informationssystems in Verbindung mit den Ausstellungsobjekten des Naturkundemuseums als Feldstudie erforscht. Knapp 150 Schülerinnen und Schüler im Alter von elf bis fünfzehn Jahren nahmen an der Prä-Posttest-Fragebogenstudie teil. Von Arbeitsblättern geleitet, erkundeten die Testpersonen selbstständig das Museum, wobei sie bei bestimmten Aufgabenstellungen freie Wahl hatten zwischen den Medientypen Computer und Ausstellungsobjekt. Durch den gezielten Medieneinsatz wurde den Schülern Basiswissen über das Thema Biodiversität vermittelt; die Arbeitsblätter unterstützten den Lernprozess. Der Computer wurde häufig für Recherchezwecke ausgewählt. Das Informationssystem wurde als lehrreiche und motivierende Ergänzung der Ausstellungsobjekte gewertet.

Auf Basis der Forschungsergebnisse bietet diese Arbeit abschließend Hinweise zur Einbindung des Themas Biodiversität in den Unterricht; sie greift noch zu verwirklichende Forschungsaspekte im Bereich Museumslernen auf und diskutiert die Rolle des „Contextual Model of Learning“ für künftige Studien in außerschulischen Bildungseinrichtungen.

2 Summary

This thesis addresses the development and evaluation of a computer-based information system on the topic of biodiversity and its subsequent usage with school classes in a natural history museum. Conservation of biological diversity is considered as a major task for humankind. Already young people should become acquainted with the topic to be prepared for future environmental decisions. Students, however, are hardly familiar with biodiversity and its aspects of genetic, species and ecosystem diversity. Therefore, the aim was to provide an interesting and informative access to the topic of biodiversity especially for young people. The use of computers in out-of-school learning settings, e.g. natural history museums, is examined by relatively few empirical studies. Further research is also needed concerning the educational integration of the topic biodiversity. A model for learning in informal settings, the “Contextual Model of Learning” by Falk and Dierking, serves as a theoretical framework for the investigations.

In the first project phase, the information system was developed and evaluated with regard to cognitive and motivational effects as well as user-friendliness. More than a thousand students aged ten to eighteen years took part in the evaluation study. The results show significant knowledge gains from pre- to posttest. Additionally, affirmative results concerning motivation and user-friendliness were obtained. Log files which recorded the navigational paths of the computer users demonstrate a positive correlation between subjective interest in animals and plants, as measured during the pretest, and objective user behaviour.

In the second project phase, carried out as a field study in a natural history museum, knowledge acquisition and motivation when using the information system in combination with the museum exhibits were investigated. Approximately 150 students aged eleven to fifteen years took part in the pre-posttest-study. Guided by worksheets, the students explored the museum in pairs of two. On certain tasks they were given free choice between computers or museum exhibits. With goal-oriented media-use, the students gained basic knowledge about biodiversity. The computer was frequently selected for inquiry purposes. Worksheets were found to support the learning process. The information system was considered an educationally effective and motivating supplement of the museum exhibits.

On the basis of the research results, this work suggests how to include the topic biodiversity into school lessons; it takes up research aspects to be realized in the area of museum learning and discusses the role of the Contextual Model of Learning for future studies in out-of-school settings.

3 Einführung

3.1 Der Begriff Biodiversität

Zentraler Punkt dieser Arbeit ist die Vermittlung des Themas Biodiversität. Biodiversität umfasst die gesamte Vielfalt des Lebens auf der Erde, von der genetischen Vielfalt über die Artenvielfalt bis hin zur Vielfalt der Ökosysteme (CBD, 1992, Art. 2; Gaston, 1996; Wilson, 1997). Synonym wird auch der Begriff biologische Vielfalt verwendet. In den USA wurde der Begriff *biodiversity* 1986 im Rahmen eines Symposiums in die Wissenschaft eingeführt (Hobohm, 2000). *Biodiversity* wird meist als Kurzform von *biological diversity* gebraucht (Purvis & Hector, 2000; Tilman, 2000). Viele Fachwissenschaftler fühlen sich an diese Definition von Biodiversität gebunden, allerdings wird der Begriff in Wirtschaft und Politik auch abweichend verwendet (Holt, 2006), was zu Verständnisschwierigkeiten zwischen den Disziplinen führen kann (Ewers & Rodrigues, 2006).

In das Blickfeld der interessierten Öffentlichkeit ist Biodiversität im Rahmen der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahre 1992 gerückt. Neben zwei internationalen Abkommen, der Klimakonvention, welche 1997 durch das Kyoto-Protokoll konkretisiert wurde, und dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Biodiversitätskonvention, *Convention on Biological Diversity*), wurden auch zwei Grundsatzserklärungen, die Rio-Deklaration zu Umwelt und Entwicklung sowie die Walderklärung mit Richtlinien zur Bewirtschaftung, Erhaltung und nachhaltigen Entwicklung aller Waldarten vorgelegt.

Im Übereinkommen über die biologische Vielfalt wurden von den teilnehmenden Ländern drei gleichrangige Hauptziele formuliert:

- die Erhaltung der biologischen Vielfalt;
- die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile;
- die gerechte Aufteilung der Vorteile aus der Nutzung genetischer Ressourcen.¹

Im Mai 2007 war das Übereinkommen von 188 Staaten und der EU als Vertragsparteien ratifiziert. Das Vertragswerk ist für die Teilnehmer völkerrechtlich bindend (Korn, 2002). Für die Umsetzung des Gesamtziels einer umweltverträglichen Entwicklung wurde auf der Konferenz für Umwelt und Entwicklung unter dem Namen Agenda 21 (BMU, 1997) ein

¹ Im Sinne der Biodiversitätskonvention bedeutet „genetische Ressourcen“ jedes Material pflanzlichen, tierischen, mikrobiellen oder sonstigen Ursprungs, das funktionelle Erbinheiten enthält und das von tatsächlichem oder potentielltem Wert ist (CBD, 1992, Artikel 2).

weit gefasster Maßnahmenkatalog vorgelegt. Dafür heißt das neue Leitbild Nachhaltigkeit oder nachhaltige Entwicklung (*sustainability, sustainable development*). Das Prinzip der Nachhaltigkeit entstammt der Forstwirtschaft und bedeutet dort, einem Wald nicht mehr Produkte zu entnehmen als wieder nachwachsen können. Diese Grundregel wurde erstmals von v. Carlowitz (1713/2000) aufgrund des damals schlechten Zustandes der Wälder schriftlich formuliert. Seit den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts wird dieser Begriff auch gesamtwirtschaftlich verwendet. Kapitel 2 des Brundtland-Berichts der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (1987) liefert eine Definition: „Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.“ In Kapitel 6 über Arten und Ökosysteme wird die Notwendigkeit des Schutzes von Atmosphäre, Wasser, Boden und Lebewesen als natürliche Systeme betont (Brundtland, 1987).

Die Agenda 21 stellt ein Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert dar. Es integriert umweltpolitische und ökologische Aspekte in wirtschaftliche, soziale und kulturelle Zusammenhänge sowohl der Industrie- als auch der Entwicklungsländer. Umfassende Handlungsaufträge werden in vierzig Kapiteln zu vielen, oft ineinander verflochtenen Themengebieten erteilt. Dazu gehören Armutsbekämpfung, Bevölkerungspolitik, Landwirtschaft, Klimaschutz, Schutz und Bewirtschaftung von Ökosystemen, Bildung und Biotechnologie. Die Maßnahmen sollen dazu beitragen, einer Verschlechterung der gegenwärtigen Situation entgegenzuwirken und diese unter Erhaltung und nachhaltiger Nutzung der natürlichen Ressourcen schrittweise zu verbessern.

3.2 Erhaltung der Biodiversität

Die Erhaltung der Biodiversität wird in der Biodiversitätskonvention als eine der wesentlichen Aufgaben für die Menschheit festgehalten. Neben dem Eigenwert der biologischen Vielfalt wird ihr Wert „in ökologischer, genetischer, sozialer, wirtschaftlicher, wissenschaftlicher, erzieherischer, kultureller und ästhetischer Hinsicht sowie im Hinblick auf ihre Erholungsfunktion“ betont (CBD, 1992, Präambel). Gründe für die Erhaltung und nachhaltige Bewirtschaftung der biologischen Vielfalt werden in der Agenda 21 angeführt (BMU, 1997, S. 124). Sie wurden einer amerikanischen Handreichung für den naturwissenschaftlichen Unterricht aller Jahrgangsstufen entnommen, in der auch Lernziele für das Thema Biodiversität festgelegt werden (AAAS, 1989, pp. 60-61): „Die wesentlichen auf

unserem Planeten zur Verfügung stehenden Güter und Dienstleistungen hängen von der Vielfalt und Variabilität von Genen, Arten, Populationen und Ökosystemen ab. Die biologischen Ressourcen ernähren und kleiden uns, gewähren uns Obdach und liefern uns Arzneimittel und geistige Nahrung. Die natürlichen Ökosysteme der Wälder, der Savannen, der Gras- und Weideflächen, der Wüsten, der Tundren, der Flüsse, Seen und Meere beheimaten den größten Teil der biologischen Vielfalt unserer Erde. Auch die Felder der Bauern und die Gärten sind als Vorratsträger enorm wichtig; hinzu kommen Genbanken, botanische Gärten, Zoos (...). Der gegenwärtig zu verzeichnende Verlust der biologischen Vielfalt ist zum großen Teil Folge menschlichen Handelns und stellt eine ernste Bedrohung für die menschliche Entwicklung dar.“

In welchem Maße die biologische Vielfalt gefährdet ist, lässt sich allerdings nicht durch einheitliche Zahlen belegen. Es besteht Konsens, dass die Extinktionsraten bei den gut dokumentierten Taxa, wie z.B. bei Säugetieren, Vögeln und Amphibien, um ein Vielfaches über den natürlichen Raten liegen (Dobson, 1997). Rückschlüsse bieten auch die Roten Listen, wonach weltweit 20 % der Säugetierarten, 12 % der Vögel und 32 % der Amphibien gefährdet sind (Baillie, Hilton-Taylor & Stuart, 2004). Welche Auswirkungen für das komplexe Gefüge der Biodiversität mit einem Rückgang einzelner Populationen und deren genetischer Vielfalt (Ceballos & Ehrlich, 2002), einer Veränderung der Artenzusammensetzung (Jenkins, 2003) oder der Degradation von Ökosystemen (Chapin III et al., 2000) einhergehen, ist noch unzureichend erforscht. Wissenschaftler diskutieren nach wie vor, inwieweit Ökosysteme bei Artenverlust stabil bleiben und ihre Produktivität behalten (Bezemer & van der Putten, 2007; McCann, 2000; Tilman, 1996; Tilman, Reich & Knops, 2006).

Neben der ökologischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bedeutung werden darüber hinaus soziale und ethische Gründe für die Erhaltung der Biodiversität genannt (Chapin III et al., 2000; Tilman, 2000). Eine wichtige Rolle nimmt außerdem die Diskussion ein, welche Arten und Ökosysteme bei Schutzprogrammen Vorrang erhalten sollten. Hier lassen sich Gründe wie evolutionäre Einzigartigkeit, Artendiversität, Bedrohungsaspekte oder Unberührtheit des Ökosystems anführen (Brooks et al., 2006; Margules & Pressey, 2000; Mooers, 2007).

Bildung kann einen entscheidenden Beitrag leisten, der Öffentlichkeit den Wert der Vielfalt und notwendige Maßnahmen für die Erhaltung nahe zu bringen (CBD, 1992, Art. 13). Dem liegt die Einsicht zugrunde, dass viele der Herausforderungen, die mit dem Erhalt der

biologischen Vielfalt verbunden sind, nicht allein durch internationale Organisationen oder nationale Regierungen, sondern nur durch ein verstärktes Engagement jedes einzelnen zu bewältigen sind (BfN, 1997). Eine hervorgehobene Rolle für den langfristigen Erfolg der Konferenzziele spielen Kinder und Jugendliche. Der Zugang zu geeigneten Informationsquellen und zu Bildungsprogrammen soll es ihnen ermöglichen, eigene Ansichten zur Umwelt- und Entwicklungspolitik zu formen und sie so auf die bevorstehenden umweltpolitischen Entscheidungsprozesse vorbereiten (BMU, 1997).

3.3 Biodiversität als Unterrichtsthema

Themen wie Artenreichtum, Lebensraumtypen, Umweltschutz, ökosystemare Prozesse und genetische Grundlagen kommen seit langem im Biologieunterricht an den Schulen vor (Gropengießer & Kattmann, 2006). Umweltbildung mit Teilbereichen wie Naturerfahrung und Umwelthandeln besitzt als fächerübergreifendes Thema – besonders in Verbindung mit Erdkunde und Chemie – ebenfalls eine lange Tradition (Bolscho & Seybold, 1996; Eulefeld, Frey & Haft, 1981). Die Gesamthematik Biodiversität mit ihren Facetten Schutz, Nutzung und gerechte Aufteilung der Nutzungsgewinne wurde jedoch erst in den Jahren nach der Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 als möglicher Bildungsschwerpunkt diskutiert. Für die Biologiedidaktik benennt Mayer (1996) Biodiversität als Forschungszweig der Zukunft. Er präsentiert einen Ansatz, wie biologische Vielfalt im Zusammenhang mit ihrer Gefährdung, Erhaltung und Nutzung zeitgemäß im Unterricht repräsentiert werden kann. Doch noch 1997 hieß es: „Will auch der Bildungsbereich in Zukunft einen größeren Beitrag zur Operationalisierung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt beitragen, bedarf das Themenfeld Schutz und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt künftig zur stärkeren theoretischen, methodischen und didaktischen Fundierung noch erhebliche Forschungsanstrengungen im Bildungsbereich“ (BfN, 1997, S. 327). Seitdem wurden etliche empirische Forschungsarbeiten abgeschlossen. Van Weelie und Wals (2002) leiten aus der komplexen Struktur des Begriffs Biodiversität Möglichkeiten für einen methodisch vielfältigen Unterricht ab. Biodiversität und nachhaltige Entwicklung stellen ein geeignetes Thema dar, um reale Probleme zu bearbeiten und die verschiedenen wissenschaftlichen und politischen Wertüberzeugungen zu erkennen und kritisch zu hinterfragen. Die Komplexität der Nutzung und Erhaltung von Biodiversität greifen auch Menzel und Bögeholz (2006) mit der Analyse von Dilemmasituationen auf. Darin wurden die Vorstellungen und Argumentationsstrukturen von Schülerinnen und

Schülern der elften Klasse am Beispiel der südafrikanischen Heilpflanze Teufelskralle (*Harpagophytum procumbens*) illustriert. Ihre Bestände sind u.a. wegen des Exports für den deutschen Markt gefährdet.

Studien zu Arten- und Formenkenntnissen, z.B. bei Pflanzen (Bebbington, 2005; Jäkel, 2005), Untersuchungen zur Systematik (Hammann, 2002) und zum Naturverständnis (Lude, 2005) sind wieder aktuell. Darüber hinaus nehmen Studien zur nachhaltigen Entwicklung (Bolscho & Michelsen, 2002; Schrenk & Holl-Giese, 2005) und zur allgemeinen Umweltbildung (z.B. Bogner & Wiseman, 2004) einen großen Raum innerhalb der Biologiedidaktik ein. Insgesamt zeigt sich aber, dass weder der Begriff Biodiversität (Menzel & Bögeholz, 2006) noch die Begriffe Nachhaltigkeit oder nachhaltige Entwicklung (Bolscho & Michelsen, 2002) allgemein bekannt sind. Unter biologischer Vielfalt wird oft lediglich die Anzahl der Arten in einem bestimmten Gebiet verstanden. Weil aber Arten- und Formenkenntnisse nur gering vorhanden sind (Jäkel, 2005; Lindemann-Matthies, 2002; Scherf & Bienengräber, 1988), besteht auch künftig großer Handlungsbedarf für die Vermittlung des Themas biologische Vielfalt.

Bereits begonnen wurde die inhaltliche Integration des Themas in nationale Bildungskonzepte, Lehrbücher und Lehrpläne. Ein Kerncurriculum enthält dazu Empfehlungen und Bildungsstandards für die gymnasiale Oberstufe (Harms, Mayer, Hammann, Bayrhuber & Kattmann, 2004). Biologische Vielfalt bildet zudem einen wesentlichen Bestandteil in den Bildungsrichtlinien im Rahmen der „UN-Dekade für Bildung für nachhaltige Entwicklung 2005-2014“ (Leicht, 2005). Das Bewerten, Entscheiden und Reflektieren über Themen nachhaltiger Entwicklung, z.B. über einen Fließgewässerumbau, kann mit einem Modell zur Bewertungskompetenz eingeübt werden (Eggert & Bögeholz, 2006). Killermann, Hiering und Starosta (2005) weisen darauf hin, dass Arten- und Formenkenntnisse den Einblick in evolutionsbiologische Prozesse bei der Entstehung von Biodiversität fördern. Lehrpläne beinhalten teilweise das Thema Biodiversität (Hessisches Kultusministerium, 2007; ISB, 2007). Auch in Bildungsinitiativen anderer Staaten, z.B. USA, wird das Thema Biodiversität als lehrplanrelevant betont (AAAS, 1993; NRC, 1996).

Auf Grundlage von Forschungsergebnissen wird gefordert, die Themen Biodiversität und Nachhaltigkeit im Unterricht konsequent interdisziplinär zu vermitteln (de Haan & Harenberg, 1999; Menzel & Bögeholz, 2006; van Weelie & Wals, 2002). Vereinzelt gibt es dazu jedoch gegenteilige Befunde, die sich auf eine mangelnde Vertrautheit der Lehrkräfte mit den komplexen Themenstellungen, den methodischen Anforderungen und

den erforderlichen Kooperationen bei Interdisziplinarität zurückführen lassen (Gayford, 2002; Högger, 2000). Als wesentlich wird außerdem die Verdeutlichung der eigenen Rolle der Schülerinnen und Schüler² bei dem Schutz bzw. der nachhaltigen Nutzung der Biodiversität hervorgehoben. Vielfach wird die Bedeutung der biologischen Vielfalt für jeden Einzelnen nicht wahrgenommen. Globalen Umweltgütern (z.B. Klima, Ozonschicht) und lokalen Umweltgütern (Wasser-, Luftqualität) wird mehr Wertschätzung seitens der Bevölkerung entgegengebracht als Naturgütern wie der Artenvielfalt (Karger & Wiedemann, 1994). Oft wird der Biodiversität nur ein ideeller Wert zugeschrieben, ihr ökonomischer, ökologischer, wissenschaftlicher und ästhetischer Wert wird aber nicht erkannt. Daher sollte die gesellschaftliche Relevanz der Biodiversität, besonders der Nutzen für den Menschen, im Unterricht hervorgehoben werden (Mayer, 1996). Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass Wissen, Einstellungen und die Vermittlung naturschutzrelevanter Werte alleine nicht ausreichen, um naturverantwortliches Handeln zu etablieren (Bögeholz, 1999; Hungerford & Volk, 1990; Lude, 2001). Stattdessen wird die Wirksamkeit affektiv-emotionaler Bezüge und eines handlungsorientierten Unterrichts, welcher Schüler selbsttätig nach verschiedenen Lösungswegen suchen lässt, beim Übergang vom Umweltwissen zum Umwelthandeln betont. Damit Wissen später in unterschiedlichen Situationen abrufbar ist und möglichst auch angewendet werden kann, also kein „träges Wissen“ (Gräsel, 1999) entsteht, das nur in einer eng umrissenen Lernsituation wieder abgefragt werden kann, ist es zudem sinnvoll, Sachverhalte in lebensweltlichen Situationen zu präsentieren. Naturkundemuseen, Science Center, Zoos und andere außerschulische Einrichtungen bieten viele Möglichkeiten, Lerninhalte mit realitätsnahen Anwendungsmöglichkeiten zu verknüpfen.

3.3.1 Biodiversität im außerschulischen Unterricht

Der außerschulische Unterricht ist besonders geeignet zur Umsetzung der Forderungen nach Interdisziplinarität, Lebensweltlichkeit, Handlungsorientierung und Einbindung von Affektivität. Beispiele für außerschulische Lernorte, an denen Biodiversität einen großen Stellenwert einnimmt, sind Naturkundemuseen, Zoos, Nationalparks, Landschulheime und andere Naturerfahrungsstätten sowie Exkursionen ins Freiland.

Museen sind durch ihre Sammlungen, Ausstellungen, museumspädagogische Programme und durch eigene Forschung aktiv daran beteiligt, der breiten Öffentlichkeit das Thema

² Im folgenden Text bezieht sich „Schüler“ oder „Lehrer“ auch auf Schülerinnen bzw. Lehrerinnen.

Biodiversität nahe zu bringen. Teilweise werden eigene Museumsbereiche dem Gesamtthema Biodiversität gewidmet, z.B. im American Museum of Natural History in New York, in dem der Regenwald Zentralafrikas komplett mit Naturgeräuschen, Gerüchen und einem Wasserlauf nachgestaltet wurde (Malcom, 2001). Einen Ansatz, bei denen Kinder und Jugendliche selbst anhand von Naturobjekten Zusammenhänge der biologischen Vielfalt erforschen können, verfolgt das museumspädagogische Programm „Investigate“ im Natural History Museum in London (NHM, 2007). Solche eindrücklichen Erlebnisse bleiben lange in Erinnerung und können über die reine Wissensvermittlung hinaus langfristig Interesse am Thema wecken (Hein, 1998).

Moderne Zoos präsentieren neben der traditionellen Vielzahl an exotischen Arten vermehrt heimische Tiere und oft auch gefährdete Haustierrassen. Zoopädagogen führen in das Europäische Erhaltungszuchtprogramm (EEP) und in internationale Wiederansiedelungsprojekte ein. In Verbindung mit einer naturähnlichen Gehegegestaltung kann so die Bedeutung der genetischen Vielfalt und des Lebensraumschutzes realistischer als in früheren Jahren vermittelt werden.

National- und Naturparks bieten für Schulklassen verschiedener Altersstufen eine große Vielfalt passender Aktivitäten und Naturerfahrungsmöglichkeiten an und fördern so den kognitiven und emotionalen Zugang zur biologischen Vielfalt. Im Nationalpark Bayerischer Wald können Schüler in einem Wildniscamp sogar in Themenunterkünften, die den Lebensraumtypen Bach, Wald, Wiese und Boden nachempfunden sind, übernachten (Nationalpark Bayerischer Wald, 2007)

Nicht zuletzt spielen nahe der Schule gelegene naturnahe Orte wie Gewässer, Wälder, Hecken und Wiesen eine wichtige Rolle für die handlungsorientierte Vermittlung von Kenntnissen über Artenvielfalt und ökologische Beziehungen. So wirkte sich ein zweiwöchiger Projektunterricht mit mehreren Exkursionen zum „Lebensraum Bach“ bei Grundschulkindern langfristig förderlich auf Wissen, Interesse und Einstellungen aus (Bieberbach, 2000). Aber auch auf dem Schulweg konnten Kinder ihr Wissen über Tiere und Pflanzen erweitern (Lindemann-Matthies, 2006). Projekte, bei denen die lokale Vielfalt der Arten und Lebensräume von Schülern erfasst wird, sind in Mitteleuropa der „Tag der Artenvielfalt“ (GEO, 2007) und in Nordamerika „Biodiversity Counts: A Student Inventory Project“ (AMNH, 2007).

3.3.2 Computer als Vermittler des Themas Biodiversität

In der Schule und in außerschulischen Bildungseinrichtungen wird vielfach der Computer zur Vermittlung von Informationen über biologische Themen eingesetzt. Die multimediale Technologie vereinigt die bisherigen medialen Darstellungsweisen Text, Bild, Film und Ton. Komplexere Themenstellungen, deren Bearbeitung durch originale Begegnung und primäre Erkenntnisgewinnung nicht möglich wäre, weil diese Vorgehensweisen zu aufwendig, zu teuer, zu weit entfernt, zu langwierig, zu gefährlich sind oder auf der mikroskopischen Ebene stattfinden, können durch die Einbindung von Animationen, interaktiven Grafiken, Simulationen, Tondokumenten und gut durchdachtem Hypertext anschaulich präsentiert werden. Befürworter des Computers argumentieren, dass neue Unterrichtsinhalte und Methoden des Unterrichtens mit dieser Technik erschlossen werden (Pondorf, 1998).

Der Einsatz von Computern im Biologieunterricht nahm seit Mitte der 1980er Jahre zu (Hiering, 1988; IOB, 1986). Anfangs wurden einfache Simulationen durchgeführt, Graphen erstellt sowie Messdaten erfasst und ausgewertet. In den folgenden Jahren wurden immer umfangreichere Lernprogramme entwickelt, die speziell auf das Biologiecurriculum abgestimmt waren. Erst mit der Zeit genügten Informationsgehalt und Gestaltung der Lernangebote vermehrt grundlegenden fachdidaktischen und pädagogischen Prinzipien (Euler, 1992; Urhahne, Prenzel, v. Davier, Senkbeil & Bleschke, 2000).

Studien zum computergestützten Lernen in der Biologie behandeln einzelne Bereiche der Biodiversität wie genetische Vielfalt, Artenvielfalt oder Vielfalt der Ökosysteme, die Gesamtthematik wurde bisher jedoch nicht angesprochen. Im Unterricht der Realschule verwendete Pondorf (1998) eine Computersimulation über den Lehrplaninhalt Mendelsche Regeln, mit der Grundlagen klassischer Genetik anschaulich und interesseweckend vermittelt wurden. Ein Programm zum computergestützten Gentechnikunterricht in der Sekundarstufe II wurde von Krüger (2002a, 2002b) entwickelt und evaluiert. Winters und Azevedo (2005) untersuchten mit Highschool-Schülern ein populationsgenetisches Programm, bei dem die Auswirkungen von Mutationsraten und Umweltparametern auf eine imaginäre Tierpopulation simuliert wurden. Unterbruner (2004) entwickelte und untersuchte ein Programm zur Artenvielfalt und Ökologie des Waldes für Kinder im Alter von zehn bis zwölf Jahren, das Anregungen für konkrete Freilandaktivitäten enthält. Feketitsch (2004, 2007) entwickelte einen netzbasierten Baumbestimmungsschlüssel, der auch botanisch wenig erfahrenen Nutzern durch zahlreiche Hilfestellungen und Skizzen

verlässliche Resultate bringt und von den Lehrkräften je nach Vorwissen der Kinder weiter eingeschränkt werden kann. Im Rahmen des Projekts „Biology Guided Inquiry Learning Environments“ wurden computergestützte, lehrplanorientierte Lernhilfen für den Biologieunterricht erarbeitet und erforscht (Reiser et al., 2001). In einer Teilstudie entwarfen Schüler Rettungsmaßnahmen für den vom Aussterben bedrohten Florida Panther. Hering (1988; Nöding, 1996) programmierte anhand von mathematischen Modellen eine Computersimulation zum Ökosystem See, bei der verschiedene Eingriffe, z.B. Nährstoffeintrag, und die sich über Jahre auswirkenden Folgewirkungen interaktiv simuliert werden können. Maierhofer (2001) verwendete dieses Programm, um mit Schülern der zwölften Klasse Merkmale dynamischer, komplexer Systeme zu erarbeiten und so vernetztes Denken zu fördern und entsprechendes Handeln einzuüben. Dilemmasituationen zum Problem der Überfischung untersuchte Pfligersdorffer (2002) mit der Spielsimulation „Fish Banks“.

Die genannten Studien zeigen, dass durch die gezielte Einbindung des Computers in den Unterricht lernförderliche und motivierende Wirkungen erzielt werden können. Schüler akzeptieren dieses Medium auch aufgrund der Individualisierung des Unterrichts hinsichtlich der Wahl des eigenen Arbeitstempos, der wahrgenommenen Wahlfreiheit (Lens, 1994) und des Gefühls, Kontrolle über die Lernsituation auszuüben (Cordova & Lepper, 1996). Metaanalytische Untersuchungen weisen auf tendenziell positive Effekte des Lernens mit dem Computer in Bezug auf den Lernerfolg, den zeitlichen Aufwand und der Einstellung zum Unterricht hin (Urhahne et al., 2000). Doch Computer haben sich bei der Wissensvermittlung in Medienvergleichsstudien nicht generell als vorteilhaft erwiesen (Clark, 2001). Im Gegensatz zum Beginn des computergestützten Unterrichts, als der Computer in Bezug auf die Wissensvermittlung vielfach als Medium der Zukunft betrachtet wurde (Mayer, 2001), wird die Computernutzung in letzter Zeit häufiger kritisiert. Es wird bemängelt, dass der Unterricht dadurch noch medienlastiger wird. Sekundärerfahrungen würden zulasten von Primärerfahrungen immer mehr Raum einnehmen. Dies muss jedoch nicht notwendigerweise der Fall sein. Mittlerweile gibt es zahlreiche Ansätze, die Beobachtung von Lebewesen und Naturobjekten mit der Informationsrecherche am Computer zu verknüpfen. Die Vielfalt multimedialer Darstellungsweisen sowie die Akzeptanz der Schüler für das Medium Computer wird dafür genutzt, durch Primärerfahrungen gewonnene Eindrücke zu erweitern und zu vertiefen, z.B. während des Unterrichts (Gervé, 2001) oder im Rahmen der Vor- und Nachbereitung von Exkursionen (Unterbruner, 2004).

Im Zusammenhang von Wissenschaft und Biodiversität kristallisierte sich seit einigen Jahren die Bedeutung des Computers bei der Speicherung und Verwaltung großer

Datenmengen, die gezielt wieder abgerufen werden können, heraus. So gibt es zahlreiche Bestrebungen, Informationen über die Biodiversität der Erde in Form von Artendatenbanken zu sammeln. Diese Datenbanken basieren vielfach auf den digitalisierten Artenkatalogen von Naturkundemuseen und wissenschaftlichen Sammlungen. Eine Vorrangstellung hat die 2001 gegründete internationale Einrichtung „Global Biodiversity Information Facility“ (GBIF), die digitale Artendatenbanken in einem Netzwerk zusammenführt und verknüpft, mit dem Ziel Wissenschaftlern Informationen über Biodiversität weltweit frei zugänglich, dauerhaft und möglichst vollständig über das Internet verfügbar zu machen (Bisby, 2000; Edwards, Lane & Nielsen, 2000; Smith et al., 2000). Dies geht konform mit der Biodiversitätskonvention, in der gefordert wird, wissenschaftliche, technische und institutionelle Voraussetzungen für die Bereitstellung von Grundwissen zur Planung und Durchführung geeigneter Maßnahmen zu schaffen. (CBD, 1992, Präambel). Für Laien sind die wissenschaftlichen Datenbanken jedoch wenig verständlich.

Daher verfolgte das Naturkundemuseum in Dornbirn, Vorarlberg, das Ziel, ihren digitalen Datenkatalog über Arten und Lebensräume für die Museumsbesucher populärwissenschaftlich aufzubereiten. Die Umsetzung dieses Vorhabens von Entwicklung und Evaluation bis zur Implementation ist Inhalt dieser Dissertation.

Damit verbindet die Arbeit die Themen Biodiversität, außerschulisches Lernen und Computereinsatz. Es wurde ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität für die Nutzung im Naturkundemuseum entwickelt und evaluiert. Eine daran anschließende Studie befasste sich mit dem Lernen zum Thema Biodiversität im Naturkundemuseum. In einer für Schulklassen typischen Lernsituation wurde das Informationssystem in Verbindung mit den Ausstellungsobjekten in Hinblick auf Wissenserwerb und Motivation untersucht. Die folgenden Kapitel befassen sich mit den theoretischen Grundlagen zum Lernen im Museum, vor allem wird auf das *Contextual Model of Learning* (Falk & Dierking, 2000) eingegangen, das den theoretischen Rahmen dieser Arbeit bildet. Danach werden die beiden Projektabschnitte dieser Arbeit vorgestellt. Schließlich wird gezeigt, wie die Annahmen des *Contextual Model of Learning* in das Versuchsdesign eingeflossen sind. Ein Überblick über die Inhalte der veröffentlichten Artikel und ein Ausblick schließen den einführenden Rahmen ab.

3.4 Lernen im Museum: Das Contextual Model of Learning

Über das Lernen in Naturkundemuseum wird seit über 120 Jahren geforscht. Bereits 1884 wurde eine erste Besucherstudie in einem Naturkundemuseum durchgeführt (Higgins, 1884). Viele der früheren Forschungsarbeiten waren jedoch kaum theoretisch fundiert. Noch 1994 beanstandeten Ramey-Gassert, Walberg und Walberg (p. 345) den Mangel an theoretischen Grundlagen: "Much of the literature pertaining to learning in museums is anecdotal and craft wisdom." Doch inzwischen hat sich Lernen im Museum als eigener theoriegestützter Forschungsbereich fest etabliert (Anderson, Lucas & Ginns, 2003). Dies zeigen zahlreiche Veröffentlichungen der letzten zehn Jahre. Erschienen sind sowohl Grundlagenwerke zum Lernen im Museum (u.a. Falk & Dierking, 2000; Hein, 1998; Paris, 2002) als auch Sonderausgaben oder regelmäßige Sparten zum außerschulischen Lernen in Fachzeitschriften der Naturwissenschaftsdidaktiken (z.B. Dierking, Ellenbogen & Falk, 2004; Feher & Rennie, 2003). Darin werden eine Reihe von Richtlinien (u.a. Dierking, Falk, Rennie, Anderson & Ellenbogen, 2003; Martin, 2004) und Rahmenmodelle vorgeschlagen, mit deren Hilfe Lernprozesse und -ergebnisse im Museum gezielt untersucht werden können. Zwei Rahmenmodelle herrschen vor (Falk & Storksdieck, 2005). Ein soziokulturelles Modell, basierend auf Arbeiten von Vygotsky (u.a. Vygotsky, 1986), sowie das *Contextual Model of Learning* (Falk & Dierking, 2000). Ersteres betont, dass Kinder durch die Interaktion in einer sozialen Gruppe schwierigere Aufgaben bewältigen können als alleine, und sich so kognitiv, aber auch kulturell weiterentwickeln. Diesem Ansatz sind z.B. Studien zuzuordnen, die sich Gesprächen widmen, die innerhalb von Besuchergruppen geführt werden (siehe Leinhardt, Crowley & Knutson, 2002). Sie geben Einblick in die gruppenspezifische Auseinandersetzung mit Museumsobjekten und legen so Lernprozesse der Besucher offen.

Als übergeordneter, theoretischer Rahmen für die durchgeführten Untersuchungen wurde das breiter angelegte *Contextual Model of Learning* gewählt. Es umfasst neben soziokulturellen Aspekten zusätzlich die persönlichen Ausgangsbedingungen des Lernenden und die Lernumgebung selbst. In diesem Theorierahmen wird davon ausgegangen, dass Lernprozesse in Museen und anderen außerschulischen Einrichtungen in verschiedene Kontexte eingebettet sind, d.h. als Interaktionen zwischen den persönlichen Voraussetzungen des Individuums, seinem sozialen Umfeld und der äußeren Umgebung stattfinden. Lernprozesse kontextuell zu betrachten, also die Aufmerksamkeit auch auf die Zusammenhänge zu richten, die den Lerner umgeben, ist gerade an außerschulischen Lernorten sinnvoll. Denn im Vergleich zum schulischen Lernen sind dort die Lernerfahrungen wenig

abstrakt; sie beziehen sich auf tatsächlich vorhandene Objekte, die zusammen mit anderen Personen in einer realen Umgebung erkundet werden. Die Einbeziehung von Kontexten soll es ermöglichen, dass Schüler Wissen nicht nur als isolierte Fakten abspeichern, sondern dass sie Gelerntes auf alltägliche Situationen übertragen können und so Inhalte an persönlicher Bedeutung gewinnen (Gilbert, 2006; Sternberg & Wagner, 1996).

Im Fokus des *Contextual Model of Learning* stehen die wesentlichen Aspekte, die Lernprozesse im Museum determinieren. Zur Entwicklung des Modells wurden Hunderte von Forschungsarbeiten zum außerschulischen Lernen ausgewertet. Falk und Dierking (2000) formulieren drei Kontexte, die gemeinsam Lernprozesse und -ergebnisse beeinflussen und die daher bei der Planung und Durchführung von Schulklassenbesuchen, aber auch bei wissenschaftlichen Studien im Museum beachtet werden sollten: den persönlichen, den soziokulturellen und den gegenständlichen Kontext. Die Autoren legen nahe, dass Erkenntnisgewinn im Museum erschwert wird, wenn einer dieser Aspekte vernachlässigt wird. Acht Faktoren innerhalb der drei Kontexte werden als besonders bedeutsam erachtet (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Schlüsselfaktoren, die das Lernen im Museum innerhalb von drei Kontexten beeinflussen (nach Falk & Dierking, 2000, p. 137)

Persönlicher Kontext (*personal context*)

1. Motivation und Erwartungen (*motivation and expectations*)
2. Vorwissen, Interessen und Überzeugungen (*prior knowledge, interests, and beliefs*)
3. Wahl- und Steuerungsmöglichkeit (*choice and control*)

Soziokultureller Kontext (*sociocultural context*)

4. Vermittlung innerhalb der sozialen Gruppe (*within-group sociocultural mediation*)
5. Vermittlung durch Außenstehende (*mediation facilitated by others*)

Gegenständlicher Kontext (*physical context*)

6. Strukturierungs- und Orientierungshilfen (*advance organizers and orientation*)
 7. Design (*design*)
 8. Verstärkende Ereignisse und Erfahrungen außerhalb des Museums (*reinforcing events and experiences outside the museum*)
-

Der persönliche Kontext umfasst die individuellen Voraussetzungen, die der Besucher eines Museums mitbringt. Dazu zählen Motivation und Erwartungen sowie Vorwissen, Interesse und Überzeugungen. Ebenso spielen Wahl- und Steuerungsmöglichkeiten, mit denen Besucher selbst Einfluss auf Zeitpunkt und Inhalt des Lernens nehmen können, eine Rolle. Begriffe der Lehr-Lernforschung wie Motivation, Erwartungen, Vorwissen und Interesse werden in Tabelle 2 (siehe S. 21) definiert, um möglichen Missverständnissen vorzubeugen. Diese Begriffe kommen in unserer Alltagssprache genauso vor wie in der wissenschaftlichen Forschung. Dort sind sie allerdings klar definiert. Die Bedeutung der verschiedenen Faktoren für das Lernen im Museum wird im Folgenden kurz erläutert.

1. Museen werden aus vielerlei Gründen und mit ganz unterschiedlichen Erwartungen besucht. Selbst wenn Schüler ein Museum nicht freiwillig besuchen, können sie für den Besuch hoch motiviert sein. Insbesondere die intrinsische Motivation wird als wichtiger Bestandteil des Lernens im Museum gesehen (Csikszentmihalyi & Hermanson, 1995). Intrinsisch motiviertes Handeln erfolgt aus eigenem Antrieb und beruht auf dem Interesse an einer Sache oder an einer Tätigkeit. Im Gegensatz zu extrinsischer Motivation ist intrinsische Motivation nicht durch äußere Anreize wie z.B. Noten oder Vermeidung einer Strafe bedingt.

2. Vorwissen wird allgemein als ein wichtiger Prädiktor für das spätere Lernergebnis anerkannt (Ausubel, 1968; Roschelle, 1995). Einerseits bietet Vorwissen eine Grundlage, auf der durch aktive Konstruktionsprozesse des Lernenden weiter aufgebaut werden kann (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2006). Am wirkungsvollsten geschieht dies offenbar, wenn der Lernstoff einen mittleren Neuigkeitsgrad aufweist und so bereits Bekanntes mit neuen Wissens-elementen verknüpft werden kann (Anderson & Lucas, 1997). Andererseits enthält das Vorwissen der Schüler auch Alltagsvorstellungen und -überzeugungen, die nicht mit den wissenschaftlichen Erklärungen vereinbar sind, die im Biologieunterricht vermittelt werden. Wird dies vom Lehrenden nicht beachtet, kann es für den Lernenden schwierig sein, selbst aus gut präsentierten Materialien die richtigen Schlüsse zu ziehen (Roschelle, 1995).

Als weiterer lernförderlicher Faktor gilt das Interesse. Interesse ist eng mit dem Konstrukt Motivation verknüpft. Es wird auch als gegenstandsorientierter inhaltlicher Aspekt der Motivation angesehen (Gropengießer & Kattmann, 2006). Der Begriff „Gegenstand“ schließt andere Personen, Themenbereiche oder Tätigkeiten ein. Im Museum bewirkt das

Interesse, dass Besucher ihre Aufmerksamkeit freiwillig und länger andauernd auf die Ausstellungsinhalte richten.

3. Zum persönlichen Kontext zählen schließlich noch Wahl- und Steuerungsmöglichkeiten, mit denen Besucher selbst Einfluss auf Zeitpunkt und Inhalt des Lernens nehmen können. Einige Autoren bevorzugen für das Lernen außerhalb formeller Bildungseinrichtungen den Begriff „free-choice learning“ (Dierking, 2002). Sie betonen damit den idealerweise großen Anteil an individuellen Wahl- und Steuerungsmöglichkeiten beim außerschulischen Lernen. Dabei wird selbst dann von selbstgesteuertem Lernen gesprochen, „wenn einzelne Handlungsabschnitte fremdbestimmt sind, sofern der Lerner nicht das Gefühl hat, in seinem Tun völlig eingeschränkt oder kontrolliert zu sein.“ (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2006, S. 645).

4. Der soziokulturelle Kontext betrifft die sozialen Interaktionen des Besuchers mit anderen Menschen. Etwas weiter gefasst sind hier auch die kulturelle Wertschätzung von Museumsbesuchen sowie die geschichtliche und kulturelle Bedeutung der Ausstellungsgegenstände für eine Gruppe eingebunden. Museumsbesuche finden meist in Gruppen statt. Häufig sind es Familien oder Gruppen von Gleichaltrigen innerhalb einer Schulklasse, die sich durch Gespräche und gemeinsames Erkunden die Bedeutung der Ausstellungsobjekte erschließen.

5. Darüber hinaus kann eine Vermittlung durch Außenstehende stattfinden. Dies können Museumspädagogen, Fachleute, Lehrer oder andere Personen sein, die von den Lernenden als kenntnisreich wahrgenommen werden. Je nach Fähigkeiten der Vermittelnden können diese Interaktionen den Lernerfolg im Museum begünstigen, ihn aber auch behindern.

6. Der gegenständliche Kontext steht für die physischen Aspekte, die das Erleben im Museum prägen und die sicherlich einen Hauptgrund für einen Besuch darstellen. Orientierungs- und Strukturierungshilfen, die vom Museum oder von der Lehrkraft entwickelt werden, können dazu beitragen, dass Besucher trotz der Größe und Unübersichtlichkeit vieler Museen und trotz der Fülle an neuen Eindrücken nicht den räumlichen oder inhaltlichen Überblick verlieren. Mit dieser gefühlten Sicherheit fällt es Schülern und anderen Besuchern leichter, die Aufmerksamkeit auf bestimmte Objekte zu richten. Dies kann sich positiv auf den Lernerfolg auswirken.

7. Zum Design einer Ausstellung gehören die Art der im Museum gezeigten Objekte, die Gestaltung der Ausstellungsräume sowie architektonische Elemente des Museumsbaus. Ein gelungenes Ausstellungsdesign, attraktive, authentische Objekte und die besondere

Atmosphäre der großen Räume bieten einen großen Anreiz, sich näher mit den dargestellten Inhalten auseinander zu setzen.

8. Zusätzlich verstärken u.U. Ereignisse und Erfahrungen, die an den Besuch anschließen, den Lernerfolg. Insgesamt wird Lernen als kumulativer Prozess gesehen, in dem Neugelesenes möglichst vielfältig mit bereits bestehendem Wissen verknüpft und so gefestigt wird. Dieser Prozess benötigt Zeit (Bransford, Brown & Cocking, 1999; Falk & Dierking, 2000). Dierking et al. (2003) nehmen an, dass dieser Integrationsprozess des Lernens erst nach Tagen, Wochen oder sogar Monaten abgeschlossen ist.

Tabelle 2: Definition wichtiger Begriffe der Lehr-Lernforschung

Lernen	Aufnahme und Verarbeitung von Informationen, die messbare Verhaltensänderungen (Denken, Einstellungen, Fähigkeiten) hervorrufen (Berck & Graf, 2003, S. 54); relativ überdauernde Veränderung von Einstellungen und Verhaltensweisen aufgrund von Erfahrungen (Köck & Ott, 1989, S. 327)
Vorwissen	Kenntnisse (Wissen, dass; deklaratives Wissen) und Fertigkeiten (Wissen, wie; prozedurales Wissen) einer Person in einem bestimmten Gegenstandsbereich (Renkl, 1996, S. 175)
Faktenwissen	grundlegende Elemente, die eine Person erwerben muss, um sich in einem Bereich auszukennen oder Probleme darin zu lösen (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 46)
Konzeptuelles Wissen	die Beziehungen von Grundelementen innerhalb einer größeren Struktur, die ihr Zusammenspiel ermöglichen (Anderson & Krathwohl, 2001, S. 46)
Motivation	der Prozess, wodurch eine zielgerichtete Aktivität initiiert und aufrechterhalten wird (Schunk, Pintrich & Meece, 2007, S. 4)
extrinsische Motivation	Wunsch oder Absicht, eine Handlung wegen außerhalb der Handlung liegender Konsequenzen durchzuführen (Schiefele, 1996, S.10)
intrinsische Motivation	Wunsch oder Absicht, eine Handlung um ihrer selbst willen durchzuführen (Schiefele, 1996, S. 10)
Flow	positiver Erlebniszustand im Falle einer hohen intrinsischen Motivation, bei der die Person völlig in einer Tätigkeit aufgeht (Schnotz, 2006, S. 191)
Erwartung	subjektiv wahrgenommene Wahrscheinlichkeit, mit der Ereignisse eintreten (Städtler, 1998, S. 276)
Interesse	eine besondere, durch bestimmte Merkmale herausgehobene Beziehung einer Person zu einem Gegenstand (Krapp, 2006, S. 281)

3.5 Von der Entwicklung des Prototypen des Informationssystems bis zur Implementation im Museum

In diesem Kapitel werden die Schritte von der Entwicklung und Evaluation des computergestützten Informationssystems zum Thema Biodiversität bis hin zu der endgültigen Einrichtung in einem Naturkundemuseum und seinem Einsatz zusammen mit Ausstellungsobjekten während der Hauptuntersuchung geschildert. Die Projektphasen sind mit den zugehörigen Publikationen in Abbildung 1 zusammengefasst.

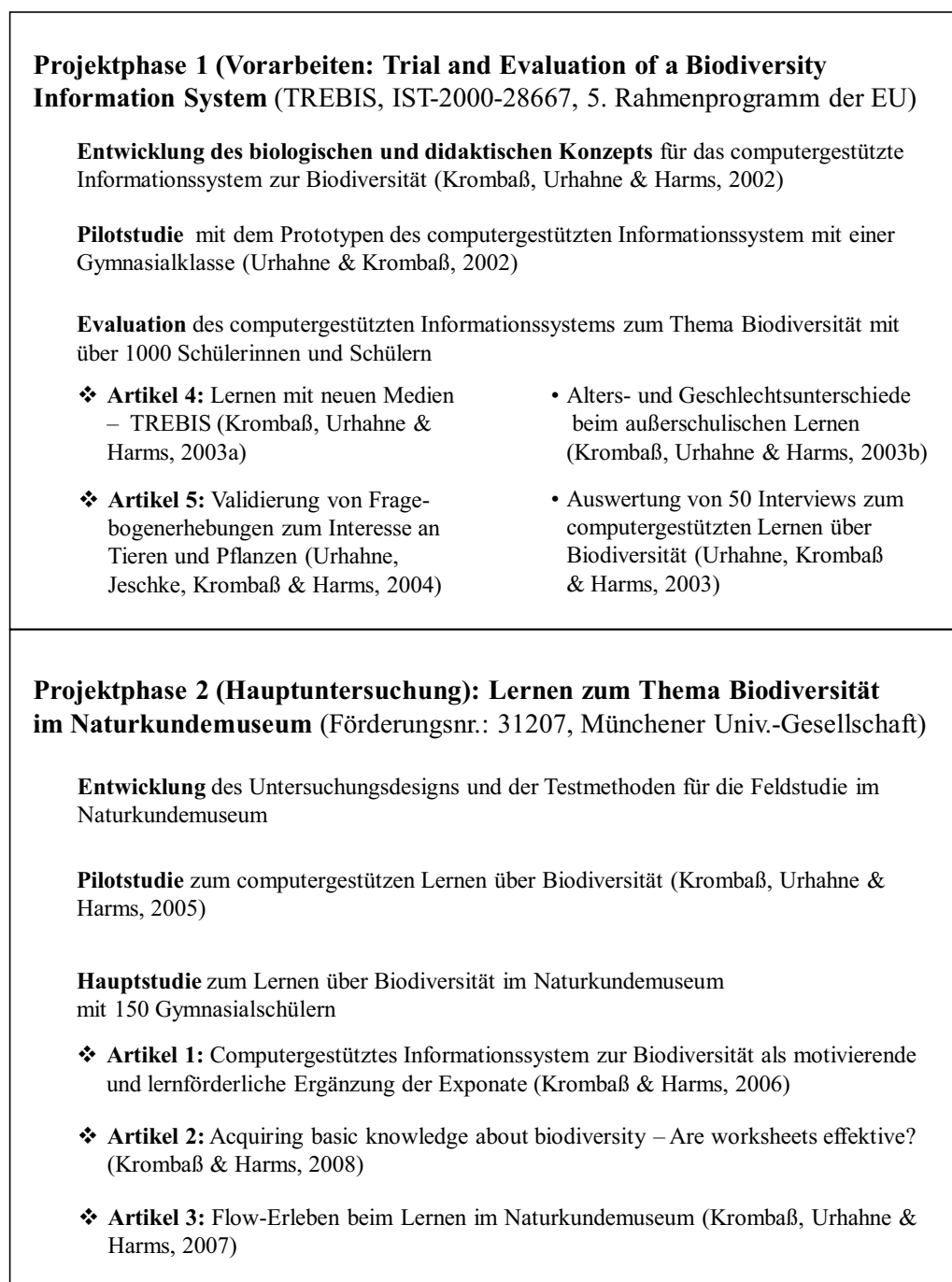


Abbildung 1: Überblick über die Projektphasen und Publikationen

3.5.1 Projektphase 1 (Vorarbeiten): Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System

Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität wurde im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten Projekts TREBIS (*Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System for public use in a natural history museum*, IST-2000-28667) entwickelt. Unter Mitwirkung von über 1000 Schülern im Alter von 10 bis 18 Jahren wurde das Computerprogramm in einem Vortest-Nachtest-Design mit Kontrollgruppe erprobt und bewertet. Kooperationspartner waren die Salzburger Software-Firma Biogis Consulting GmbH und das österreichische Naturkundemuseum *Vorarlberger Naturschau* in Dornbirn, das im Anschluss an die Projektphase als *inatura – Erlebnis Naturschau Dornbirn* in einem anderen Gebäude völlig neu gestaltet wiedereröffnet wurde. Das Informationssystem wurde nach einem didaktischen und biologischen Konzept der Biologiedidaktik der Universität München (Krombaß, 2002) programmiert. Das Computerprogramm führt in seinem Hauptteil in Grundfragen der Biodiversität ein. Vielfalt, Dynamik und Ethik werden jeweils zunächst in ihren globalen Aspekten, dann in einem lokalen Rahmen bezogen auf den Raum Vorarlberg präsentiert (siehe Abbildung 2).

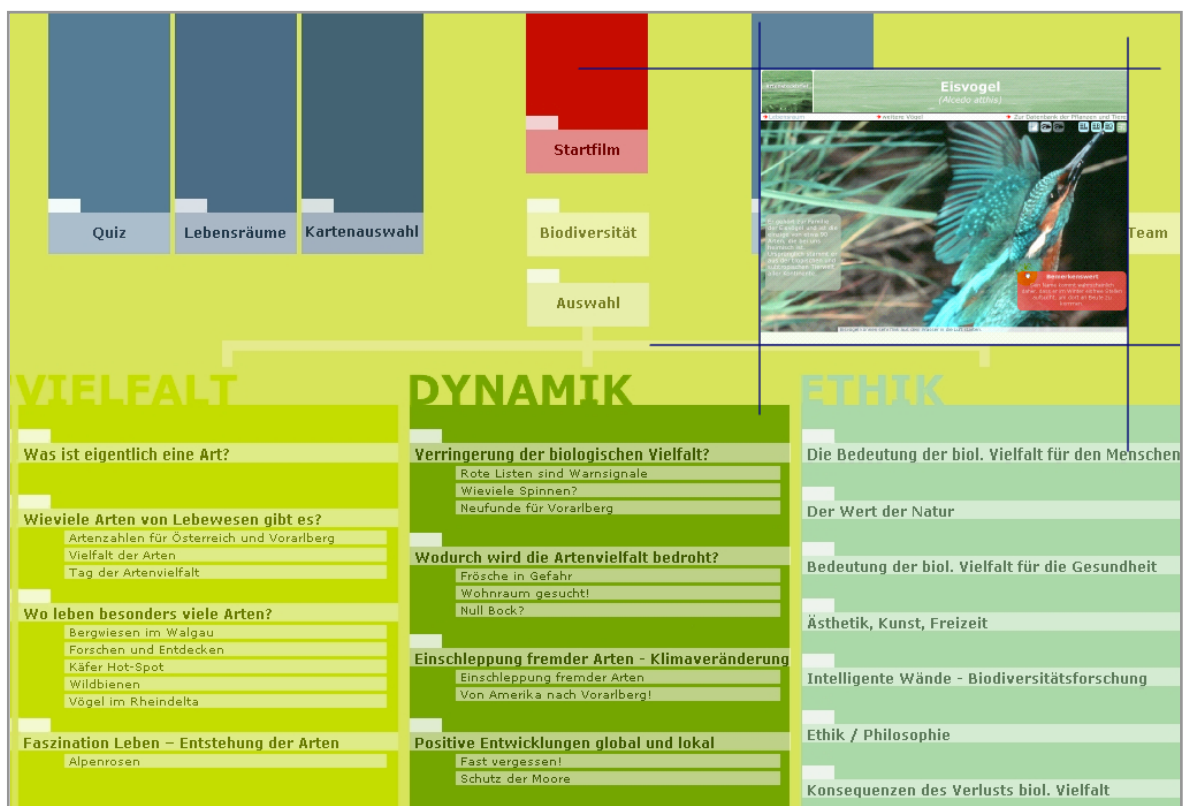


Abbildung 2: Überblick über die Struktur des Informationssystems (Sitemap)

Ein weiterer Bestandteil sind die Arten- und Lebensraumdatenbanken, die Hunderte mitteleuropäischer Arten in den Lebensräumen Gewässer, Wald, Gebirge, Grünland und Siedlungsraum in großformatigen Bildern und mit detaillierten Hintergrundinformationen zeigen. Eine interaktives GIS-Kartenmodul³ und ein Quiz, das als Tauchfahrt durch das Ökosystem Bodensee gestaltet ist, ergänzen das Programm.

Das Informationssystem ist so gestaltet, dass es vom Museumspersonal über den Datenbankzugang auf einfache Weise aktualisiert und erweitert werden kann. Es ist kompatibel mit einer bereits bestehenden wissenschaftlichen Arten- und Verbreitungskarten-Datenbank, so dass Artenbeschreibungen, Fotos, Verbreitungsdaten und Tondokumente von dort aus eingespeist werden können.

Die Entwicklung einer multimedialen Lernumgebung ist zeit- und kostenaufwendig. Um den Ansprüchen und Bedürfnissen späterer Benutzer ausreichend Rechnung zu tragen, sollte ein multimediales Lernangebot mit unterschiedlichen Methoden und unter verschiedenen Gesichtspunkten evaluiert werden. Durch eine Evaluation lässt sich zeigen, ob ein hoher Produktionsaufwand mit einer effizienten, nutzerfreundlichen Lerntechnologie verbunden ist (Issing & Klimsa, 2002). Jedoch werden Lernprogramme für den Unterricht überwiegend nicht evaluiert (Fricke, 2002). Auf Grundlage des didaktischen und biologischen Konzepts wurden Evaluationsmethoden entwickelt, die den Wissenserwerb, die motivierende Wirkung und die Nutzerfreundlichkeit überprüfen. Die Testmethoden wurden zunächst im Rahmen einer Pilotstudie mit einem Prototypen des Computersystems angewandt. Eine Gymnasialklasse testete dabei einzelne prototypische Abschnitte zu den Themen Artenvielfalt, Dynamik der Biodiversität und Lebensraum Wasser. Nach Verbesserungen der Navigation und des Seitenaufbaus und Anpassungen der Testmethoden wurde das Computersystem in einer groß angelegten Studie mit österreichischen Schülern in der Vorarlberger Naturschau evaluiert. Um die Einflussfaktoren eng umgrenzt zu halten, wurden die Evaluationsbedingungen für eine im Museum durchgeführte Studie relativ streng kontrolliert. Eine für die Öffentlichkeit geschlossene Ausstellungshalle wurde mit Einzelcomputerplätzen ausgestattet. Mit einem Zeitlimit von 35 Minuten befassten sich die Schüler zunächst mit den Hauptabschnitten globale und lokale Biodiversität, Arten- und Lebensraumdatenbanken sowie Verbreitungskarten. Sie konnten selbst über die Reihenfolge und Dauer der Seitenaufrufe entscheiden. In den letzten zehn Minuten konnten sie auch das Biodiversitätsquiz nutzen. Die Navigationspfade der einzelnen Teilnehmer wurden durch Log-Files aufgezeichnet. Eine Kontrollgruppe betrachtete ausgewählte

³ GIS: Geographisches Informationssystem

Ausschnitte eines attraktiven Films über das Thema Biodiversität (BBC, 2001), in dem ähnliche Themen zur globalen Biodiversität wie im Computerprogramm angesprochen wurden. Ein Film gilt bei Schülern (Pondorf, 1998), aber auch in Museen als beliebtes Medium. Die Hauptergebnisse der Evaluation werden in den Artikeln 4 und 5 vorgestellt. Eine zusätzliche Interviewstudie mit fünfzig Museumsbesuchern aller Altersstufen lieferte weiterführende, qualitative Informationen zu Akzeptanz und Nutzerverhalten (siehe Abbildung 1). Diese wurden zusammen mit einer Analyse von Alters- und Geschlechtsunterschieden bei der Programmnutzung in einem Sammelband publiziert (Krombaß, Urhahne, Jeschke & Harms, 2003). Das Projekt wurde mit der Eröffnung der *inatura* im Juni 2003 abgeschlossen. Dort wurde das computergestützte Informationssystem zum Thema Biodiversität in den verschiedenen Ausstellungsbereichen Lebensraum Gebirge, Wald, Gewässer und Stadt an insgesamt 16 Computerterminals dauerhaft installiert.

3.5.2 Projektphase 2 (Hauptuntersuchung): Lernen über das Thema Biodiversität im Naturkundemuseum

Ziel der Hauptuntersuchung war es, auf den Ergebnissen der laborähnlich durchgeführten Programmevaluation aufbauend, die Nutzung des computergestützten Informationssystems in Verbindung mit den Ausstellungsobjekten im Naturkundemuseum in einer Feldstudie zu untersuchen. Zur Nutzung von Computerprogrammen in Museen liegen bislang kaum empirische Daten vor. Generell wird gefordert, dass empirische Studien im Museum unter realitätsnahen Lernbedingungen durchgeführt werden (Dierking et al., 2003; Falk & Adelman, 2003). Lernen im Museum wird verstanden als: “integrated experience that takes place in the real world” (Falk & Dierking, 2000, p. 10). Es kann daher nicht als abstrakte Erfahrung in einer sterilen Umgebung erforscht werden. Daher wurde ein authentisches Umfeld gewählt mit Bedingungen, wie sie für Schulklassenbesuche typisch sind. Ort der Untersuchung war das Naturkundemuseum *inatura – Erlebnis Naturschau Dornbirn*. In die Studie wurden ca. 150 Schüler einbezogen. Die Untersuchung wurde als Vortest-Nachtest-Fragebogenstudie mit einer Lernphase in Verbindung mit Arbeitsblättern durchgeführt. Auch hier wurden der Untersuchungsablauf und die Untersuchungsinstrumente zunächst in einer Pilotstudie vorgetestet.

Die Hauptuntersuchung behandelte folgende Gesichtspunkte:

- die Wirksamkeit der Nutzung des computergestützten Informationssystem in Hinblick auf Wissenserwerb zum Thema Biodiversität, Wahlverhalten und Motivation in Zusammenhang mit der Nutzung der Ausstellungsobjekte (Artikel 1);
- den schülergerechten Einsatz von Arbeitsblättern während der Lernphase im Naturkundemuseum (Artikel 2);
- die Möglichkeit des Erlebens von „Flow“ (siehe Tabelle 2, S. 21) im Museum, eines positiven Erlebniszustandes, der von vielen Wissenschaftlern und Museumsfachleuten für das Museumslernen angenommen wird, aber kaum belegt ist (Artikel 3).

3.6 Das Contextual Model of Learning als Untersuchungsrahmen

Drei Kontexte mit acht Faktoren tragen nach dem *Contextual Model of Learning* gemeinsam zu den Interaktionen und Lernerfahrungen der Besucher beim Erkunden von Objekten in einem Museum bei (siehe Kapitel 3.4). Durch das Einbeziehen dieser sich überschneidenden und gegenseitig beeinflussenden Faktoren wird beabsichtigt, den Lernvorgang nicht auf einige wenige Einzelaspekte zu reduzieren, sondern seine Komplexität umfassend, aber dennoch verständlich und überschaubar darzustellen (Dierking, 2002).

Im Folgenden werden die Untersuchungsmethoden und Messinstrumente, die in den Artikeln dieser Dissertation Anwendung fanden, dem *Contextual Model of Learning* zugeordnet. Die verschiedenen Faktoren des Modells wurden im Untersuchungsdesign umfassend berücksichtigt. Der persönliche Kontext nimmt in dieser Untersuchungsreihe eine hervorgehobene Position ein, daher finden sich für diesen Kontext besonders viele Verweise zu den Publikationen.

Persönlicher Kontext

1. Motivation und Erwartungen:

- Für die Messung intrinsischer Motivation wurde das „Intrinsic Motivation Inventory“ von Deci und Ryan (2004) ausgewählt; ein Messinstrument, das auf der Selbstbestimmungstheorie von Deci and Ryan (1985, 2002) beruht. Es wurde über-

setzt, in Hinblick auf die vorliegenden Untersuchungsbedingungen überarbeitet und im Nachtest eingesetzt (Artikel 1 und 3).

- Flow-Erleben im Museum als Bestandteil intrinsischer Motivation wird oft vermutet, wurde aber empirisch noch nicht untersucht. Zur Erfassung von Flow-Erleben dienten Skalen von Rheinberg, Vollmeyer und Engeser (2003), die auf der Flow-Theorie von Csikszentmihalyi (1996; Csikszentmihalyi & Schiefele, 1993) beruhen. Sie wurden an die Untersuchungsbedingungen und die Altersgruppe angepasst und direkt während der Lernphase im Museum eingesetzt. Die Ergebnisse werden einführend in Artikel 1 vorgestellt und in Artikel 3 ausführlich behandelt.

2. Vorwissen, Interesse und Überzeugungen

- Zur Messung von Vorwissen über das Thema Biodiversität wurden für die Vorarbeiten und für die Hauptuntersuchung Wissenstests zum Thema Biodiversität konstruiert. Durch Multiple-Choice- und Zuordnungsaufgaben wurde der Wissenszuwachs von Vor- zu Nachtest ermittelt (Artikel 1 und 5). Für die Lernphase im Museum wurden Arbeitsblätter mit offenem und geschlossenem Aufgabentypus entwickelt, die vom Schwierigkeitsgrad an das Wissen der Schüler anknüpfen. Die Rolle des Vorwissens wird in Zusammenhang mit der Effektivität der Arbeitsblätter für das Lernen in Artikel 2 behandelt.
- Interesse an der Erkundung der Museumsobjekte oder dem Arbeiten mit dem computergestützten Informationssystem gilt als Bestandteil des Konstrukts Motivation und wird im Rahmen des „Intrinsic Motivation Inventory“ (Deci & Ryan, 2004) erhoben.
- Als Kontrollvariablen wurden Interesse am Thema Biodiversität sowie Computerinteresse und -kenntnisse über Rating-Skalen während des Vortests gemessen (Artikel 1 und 2).
- In Artikel 5 wird erläutert, inwiefern das subjektiv geäußerte Interesse an verschiedenen Tier- und Pflanzengruppen sich in Interessenhandlungen niederschlägt, in diesem Fall bei der Wahl der entsprechenden Tier- und Pflanzensteckbriefe des computergestützten Informationssystems.

3. Wahl- und Steuerungsmöglichkeit

- Die Schüler konnten bei vielen Aufgaben wählen, welche Ausstellungsstücke oder welche Seiten des Computerprogramms sie für die Beantwortung der Aufgaben he-

ranzogen. Bei einigen Aufgaben hatten sie die Wahl zwischen Computer bzw. Museumsexponaten als Informationsmedium. Die Ergebnisse dieses Wahlverhaltens werden in Artikel 1 vorgestellt.

- Wie die Probanden selbst ihre Wahl- und Steuerungsmöglichkeiten einschätzten, wurde im Rahmen der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1985, 2004; 2002) mit einer Skala erhoben (Artikel 1).

4. Vermittlung innerhalb der sozialen Gruppe

Während der Hauptuntersuchung (Artikel 1 - 3) wählten sich die Schüler selbst einen Klassenkameraden, mit dem sie während des Museumsrundgangs die Arbeitsblätter bearbeiteten. Jeder Teilnehmer erhielt ein eigenes Exemplar der Arbeitsblätter. Veröffentlichungen zum kooperativen Lernen von Slavin (1996) und zum Museumslernen von McManus (1985) weisen deutlich auf die Vorteile des Lernens in kleinen Gruppen hin. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Lernpartner ein gemeinsames Ziel verfolgen, aber jeder Lernpartner zur Erreichung des Ziels seinen individuellen Beitrag zu leisten hat.

5. Vermittlung durch Außenstehende

Die Schüler wurden kurz mit dem Testleiter, dem Untersuchungszweck, der Dauer und dem Ablauf bekannt gemacht. Um die Testvariablen auf ein kontrollierbares Maß zu beschränken, wurde auf eine zusätzliche Vermittlung beispielsweise seitens der Lehrkräfte oder des Museumspersonals während des Testverfahrens verzichtet. Bei einem regulären Besuch würden diese jedoch den Kindern und Jugendlichen für Fragen und Hilfestellungen zur Verfügung stehen.

6. Strukturierungs- und Orientierungshilfen

Die Rolle von Arbeitsblättern, Organisationshilfen (*advance organizers*) und anderen Strukturierungs- und Orientierungsmitteln wird in Artikel 2 diskutiert. Für die Untersuchung wurden die Arbeitsblätter so gestaltet, dass sie die Schüler mit klaren Zielsetzungen und Ortsangaben durch die vorgesehenen Ausstellungsbereiche lenkten. Außerdem beinhalteten die Aufgaben der Arbeitsblätter Tipps zum Auffinden passender Museumsobjekte bzw. Seiten des Computerprogramms.

7. Ausstellungsdesign

Das Naturkundemuseum *inatura* wurde wegen seines modernen Gestaltungs- und Vermittlungskonzepts (Schmid, 2004) für die Untersuchungen ausgewählt. Ein ge-

lungenes Ausstellungskonzept trägt entscheidend dazu bei, dass Besucher sich mit den dargebotenen Ausstellungsinhalten näher befassen. Für den innovativen Gesamtansatz, der neben der pädagogischen Vermittlungsarbeit auch Aufgaben einer naturkundlichen Sammlung, Forschungs- und Beratungseinrichtung einschließt, erhielt die *inatura* den Spezialpreis des „European Museum of the Year Award 2006“.

8. Verstärkende Ereignisse und Erfahrungen außerhalb des Museums

Um ausreichende Möglichkeiten für die Verknüpfung und Vertiefung der gelernten Inhalte zu schaffen, sollte der Museumsbesuch im Schulunterricht vor- und nachbereitet werden (Finson & Enochs, 1987; Tunnicliffe & Laterveer-de Beer, 2002). Für diesen Zweck stellt das Museum Unterrichtsmaterialien zu verschiedenen Themen zur Verfügung.

4 Überblick über die Publikationen

Biologiedidaktik vereinigt Forschungsmethoden aus verschiedenen Fachbereichen wie der Fachwissenschaft Biologie, den Erziehungswissenschaften und der pädagogischen Psychologie. Aus diesen Wissenschaften entwickelt die Fachdidaktik eigene Ansätze zur Erforschung des Lehrens und Lernens und zur effektiven Unterrichtsgestaltung. In den vorgestellten Artikeln spiegelt sich die Breite des Forschungsfeldes wider. Die Artikel sind daher nicht nur für den fachdidaktischen Forscherkreis, sondern auch für angrenzende Wissenschaften von Interesse.

4.1 Artikel 1

Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernförderliche Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums

Krombaß, A. & Harms, U. (2006). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 7-22.

Die im Naturkundemuseum *inatura* in der Bodenseeregion durchgeführte Studie behandelt motivationale und kognitive Wirkungen des computergestützten Informationssystems zur Biodiversität (TREBIS), das als Ergänzung der Museumsexponate konzipiert wurde. Ziel war es, mithilfe dieses Informationsmediums das komplexe Thema Biodiversität leicht verständlich darzustellen. Zudem sollte das Thema unterhaltsam präsentiert werden, was allein durch umfangreiche Schau- und Texttafeln nicht möglich gewesen wäre. Multimediatechnologie kann Informationen aktuell und vielseitig vermitteln und fehlt mittlerweile in kaum einem Naturkundemuseum. Speziell für die Anwendung in Museen entwickelte Computerprogramme sollen durch weiterführende Informationen und interaktive Elemente zu einer intensiven Auseinandersetzung mit den Ausstellungsinhalten beitragen und Motivation und Wissenserwerb fördern. Ob der Computereinsatz im Museum diese Erwartungen erfüllen kann und in Hinblick auf Motivation und Wissenserwerb eine wirkungsvolle Ergänzung darstellt, wurde bislang durch empirische Untersuchungen unzureichend belegt. Forschungsbedarf besteht besonders in Form von Feldstudien, die unter realitätsnahen Lernbedingungen im Museum durchgeführt werden (Dierking et al., 2003; Falk & Adelman, 2003). An diese Forderung knüpft die vorliegende Studie an.

An der Prä-Posttest-Fragebogenstudie mit einer Lernphase im Museum nahmen 148 Gymnasialschüler im Alter von 11 bis 15 Jahren teil. In Zweiergruppen lösten sie anhand

des Computers und der Ausstellungsobjekte Aufgaben zum Thema Biodiversität. Dabei konnten die Probanden bei einigen Aufgaben das Informationsmedium frei wählen.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl Ausstellungsobjekte als auch das Computerprogramm insgesamt gute Werte auf den Motivationsskalen erzielten. Hinsichtlich Interesse und Vergnügen schnitten die Ausstellungsobjekte besser ab als der Computer. Dagegen wurde bei freier Wahl des Mediums der Computer häufiger ausgewählt. Dies traf besonders für Teilnehmer zu, die ihre Computerkenntnisse als hoch einschätzten. Diese Befunde können damit erklärt werden, dass die Teilnehmer sich zweckorientiert für den Computer als Recherchemedium entschieden, obwohl ihnen das Erkunden der Ausstellung mehr Freude bereitete. Mit beiden Medien wurden mittelhohe Lernerfolge erzielt; die Effektstärken fielen beim Faktenwissen (z.B. Informationen über Arten und Lebensräume) höher aus als beim konzeptuellen Wissen (z.B. ökologische Zusammenhänge und nachhaltige Nutzung von Naturgütern). Ein direkter Vergleich der Lernergebnisse ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen Computer und Ausstellungsobjekten. Dieses Ergebnis deckt sich mit metaanalytischen Befunden, wonach die Art des Mediums beim Lernen nur eine untergeordnete Rolle einnimmt (Clark, 2001). Insgesamt wird deutlich, dass das Thema Biodiversität den Untersuchungsteilnehmern durch den gezielten Medieneinsatz nähergebracht werden konnte. Mit Blick auf Wissen und Motivation konnte die Nutzung des computergestützten Informationssystems die Erkundung der Ausstellungsobjekte sinnvoll ergänzen. Ein Museumsaufenthalt kann jedoch in die vielschichtigen Fragestellungen und Konzepte des Themas Biodiversität nur einführen. Daher hat der nachbereitende Unterricht in der Schule die wichtige Aufgabe, Neugelertes weiter zu vertiefen.

4.2 Artikel 2

Acquiring basic knowledge about biodiversity in a natural history museum – Are worksheets effective?

Krombaß, A. & Harms, U. (2008). Journal of Biological Education, 42, 157-163.

In diesem Artikel wird die Effektivität des Einsatzes von Arbeitsblättern im Naturkundemuseum für das Lernen von Grundlagenwissen über das Thema Biodiversität untersucht. Naturkundemuseen, Science Center und andere außerschulische Bildungseinrichtungen, wie z.B. Zoos oder Aquarien, werden häufig mit Schulklassen besucht, um ihnen Themen des Biologieunterrichts anschaulich und lebensnah zu vermitteln. Bei diesen Besuchen werden oft Arbeitsblätter mit verschiedenen Aufgaben zu den Ausstellungsobjekten an Schulklassen ausgegeben. Dies geschieht mit der Absicht, dass Inhalte besser gelernt werden und länger in Erinnerung bleiben. Die Wirksamkeit von Arbeitsblättern für den Wissenserwerb wurde bisher jedoch nur unzureichend empirisch untersucht. Diese Studie behandelte zwei Hauptgesichtspunkte. Zum einen wurde untersucht, wieviel Wissen mithilfe der Arbeitsblätter zum Thema Biodiversität erworben werden konnte. Zum anderen wurde geklärt, welche Gestaltungsaspekte der Arbeitsblätter besonders effektiv waren. Außerdem wurden eine Reihe von Empfehlungen aus der Literatur zusammengestellt, wie sich ein Aufenthalt strukturieren lässt, in den Objekte zielgerichtet einbezogen und in dem Schüler zum selbstbestimmten Arbeiten angeregt werden. Um möglichst realistische Untersuchungsbedingungen zu schaffen, wurde zunächst eine Umfrage bei Lehrern und Museumspädagogen durchgeführt. Daraus wurde deutlich, dass das computergestützte Informationssystem von Schulklassen im Museum vor allem für die gezielte Beantwortung von Fragestellungen genutzt wird. Ein Lehrer erweiterte beispielsweise sein Unterrichtsthema „Lebensraum Stadt“ durch den Ausstellungsbereich „Heimliche Untermieter“. In den Schubladen und Schränken einer Küchenzeile lassen sich dort zahlreiche lebende, sehr realistisch präsentierte Arten von Vorratsschädlingen unter Plexiglas beobachten. Von Arbeitsblättern geleitet, ermittelten die Schüler über die Suchfunktion der Arten- und Lebensraumdatenbank des Computersystems ergänzende Informationen über die Systematik und Lebensweise dieser Tiere. Mit dem computergestützten Informationssystem konnten auch jene zur selbstständigen Recherche motiviert werden, die sich sonst weniger für die Ausstellungsinhalte interessieren (Krombaß et al., 2003).

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass ein überlegter Einsatz von Arbeitsblättern in Museen effektiv sein kann. Abschließend wird die Rolle von offenen und geschlossenen

Fragestellungen für den Wissenserwerb zum Thema Biodiversität erörtert. Geschlossene Aufgaben erwiesen sich für das Lernen als effektiver. Offene Aufgaben können jedoch erfolgreich in Arbeitsblätter integriert werden, wenn die damit aufgeworfenen komplexeren Themen und Fragen als Basis für den nachbereitenden Unterricht in der Schule dienen. Es wird diskutiert, wie die Untersuchungsergebnisse in die Gestaltung von lerneffektiven Aufgabenstellungen für außerschulische Bildungseinrichtungen einfließen können.

4.3 Artikel 3

Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit Computern und Ausstellungsobjekten in einem Naturkundemuseum

Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2007). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 87-101.

Diese Studie zum Flow-Erleben beim Lernen zum Thema Biodiversität liefert einen Einblick in die aktuelle Motivation während des Lernprozesses. Flow wird nach der Theorie von Csikszentmihalyi (1996) als ein Zustand intrinsischer Motivation bezeichnet, bei dem die Person völlig in einer Tätigkeit aufgeht und dies als angenehm erlebt. Als Voraussetzung für das Flow-Erleben wird ein Gleichgewicht zwischen Handlungsanforderungen und eigenen Fähigkeiten angenommen. Personen sollen eine Tätigkeit als herausfordernd empfinden und trotz hoher Beanspruchung das Gefühl haben, die Situation noch zu kontrollieren. Durch Vorgabe klarer und erreichbarer Ziele kann Flow gefördert werden (Csikszentmihalyi & Hermanson, 1995). Zahlreiche Fachpublikationen führen die Bedeutung von Flow-Erlebnissen in Museen an (u.a. Allen, 2004; Falk & Dierking, 2000; Sandifer, 2003; Schäfer, 2006). Auch von Museumsexperten wird Flow als eine wichtige motivationale Erfahrungskomponente bei Museumsbesuchen anerkannt und durch eine gezielte Gestaltung der Ausstellungsräume zu fördern versucht (Csikszentmihalyi & Robinson, 1990). Empirische Untersuchungen zum Flow-Erleben während eines Museumsbesuchs wurden jedoch noch nicht durchgeführt. Die vorliegende Studie untersucht dieses Thema erstmalig auf der fachdidaktischen Ebene.

Naturkundemuseen spielen eine wichtige Rolle in der Natur- und Umweltbildung. Besucher können in Ausstellungen detailliert Merkmale von Tieren und Pflanzen erkunden, die in der Natur schwer zu beobachten sind; sie erfahren Wissenswertes über verschiedene Ökosysteme und deren Bedeutung für den Menschen. Informationen über die biologische Vielfalt werden auf interaktive und unterhaltsame Weise präsentiert. Die Lernerfahrungen stehen mehr als das schulische Lernen unter dem Einfluss der intrinsischen Motivation und dem Interesse der Lernenden. "Such learning is self-motivated, voluntary, and guided by learners' needs and interests" (Dierking et al., 2003, p. 110).

Diese Studie untersuchte Flow-Erlebnisse bei jugendlichen Museumsbesuchern, im Speziellen, ob Flow eher bei der Interaktion mit dem Computer oder mit Ausstellungsobjekten wie Schautafeln, Stopfpräparaten und lebenden Tieren auftrat. Die Ergebnisse für die Ausstellungsobjekte zeigen theoriekonform, dass besonders hohe

Flow-Werte dann erzielt wurden, wenn sowohl die gestellten Anforderungen als auch die eigenen Fähigkeiten von den Schülern als hoch eingeschätzt wurden. Dagegen wurden am Computer höhere Flow-Werte erzielt, wenn die eigenen Fähigkeiten höher eingestuft wurden als die gestellten Anforderungen. Dies wurde u.a. auf die routinierte Vorgehensweise der Schüler am Computer zurückgeführt. Insgesamt zeigt die Studie, dass die Annahme vieler Museumsfachleute nach einem häufigen Flow-Erleben im Museum durchaus plausibel ist, aber empirisch noch weiter untersucht werden sollte. Für Lehrer, die einen Schulbesuch im Museum planen, liegt die Chance darin, durch Abstimmung der gestellten Anforderungen mit den persönlichen Fähigkeiten der Schüler den Aufenthalt motivierend und lernförderlich zu gestalten. Ebenso können Museen durch eine das Flow-Erleben anregende Gestaltung der Ausstellungen dazu beitragen, Attraktivität und Informationswert zu erhöhen und damit das außerschulische Lernen zum Thema Biodiversität zu fördern.

4.4 Artikel 4

Lernen mit Neuen Medien: TREBIS – Entwicklung und Erprobung eines Informationssystems zum Thema Biodiversität

Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003). In H. Korn & U. Feit (Hrsg.), Treffpunkt Biologische Vielfalt III: Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (S. 201-206). Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

Dieser Artikel stellt Untersuchungsergebnisse aus der Evaluation des Informationssystems zur Biodiversität vor. Ziel war es, der Öffentlichkeit und besonders auch Kindern und Jugendlichen eine nutzerfreundliche, attraktive Software zum Thema Biodiversität zur Verfügung zu stellen. Die Evaluationsziele umfassen auf der kognitiven Ebene den Lernerfolg, auf der motivationalen Ebene die Akzeptanz und auf der technischen Ebene die Nutzerfreundlichkeit. Die Untersuchung wurde mit über 1000 österreichischen Schülern im Alter von 10 bis 18 Jahren als Prä-Posttest-Fragebogenstudie mit einer Lernphase am Computer durchgeführt. Eine Kontrollgruppe betrachtete einen Biodiversitätsfilm (BBC, 2001), der dieselben Grundfragen zur Biodiversität behandelte wie das computergestützte Informationssystem. Die Ergebnisse der Studie lassen einen signifikanten Lernzuwachs von Prä- zu Posttest bei beiden Medientypen, Computer und Film, erkennen. Die Probanden zeigten eine gute Akzeptanz für das computergestützte Informationssystem, wobei das Informationssystem etwas besser abschnitt als der Film. Auf der technischen Ebene wurde das Informationssystem von den meisten Probanden positiv bewertet. Es erlangt die Aufmerksamkeit der Schüler, bietet nützliche und glaubwürdige Informationen, ist organisiert und leicht zu handhaben und erweist sich im Gebrauch als befriedigend und effektiv. In der Vorstudie mit dem Prototypen (Urhahne & Krombaß, 2002) waren die Ergebnisse noch weit weniger positiv ausgefallen. Dies macht deutlich, dass während der Entwicklungsphase noch starke Verbesserungen hinsichtlich der Nutzerfreundlichkeit erzielt werden konnten. Insgesamt lassen die Evaluationsergebnisse den Schluss zu, dass das computergestützte Informationssystem zielgruppengerecht und nutzerfreundlich konzipiert wurde. Kinder und Jugendliche nutzen es gerne für die Recherche und auch zur Unterhaltung und können dabei ihr Wissen über das Thema Biodiversität erweitern.

4.5 Artikel 5

Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten

Urhahne, D., Jeschke, J., Krombaß, A. & Harms, U. (2004). Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 18(4), 213-219.

Dieser Artikel behandelt die Auswertung der Log-Files, mit denen die Häufigkeit und die Dauer des Aufrufs einzelner Programmseiten während der Evaluation des computergestützten Informationssystems aufgezeichnet wurden. Durch die mitgeschnittenen Navigationspfade lässt sich objektiv das Nutzungsverhalten der Teilnehmer nachvollziehen. Ziel der Untersuchung war es festzustellen, ob das zuvor mittels Fragebogen von den Teilnehmern bekundete Interesse an bestimmten Tier- und Pflanzentaxa sich auch in der tatsächlichen Nutzung des Informationssystems widerspiegelt. Dazu wurde ermittelt, wie häufig einzelne Tier- und Pflanzensteckbriefe der Artendatenbank aufgerufen wurden und wie lange die Teilnehmer darauf verweilten. Des Weiteren wurden alle Eingaben der Versuchspersonen in eine Suchmaske ausgewertet. Damit konnte zusätzlich festgestellt werden, nach welchen Tieren und Pflanzen die Schüler suchten.

Der Anlass für diese Untersuchung war, dass Interessendaten meist durch Fragebogen oder Interviews gewonnen werden. Auch das Interesse an Tieren und Pflanzen wurde bereits unter verschiedenen Aspekten in zahlreichen Untersuchungen erhoben (Berck & Klee, 1992; Finke, 1999; Gelhaar, Klepel & Fankhänel, 1999; Hesse, 1984; Löwe, 1987, 1992). Die Daten beruhen jedoch nicht auf objektiven Messwerten, sondern ausschließlich auf Selbsteinschätzung der Befragten und können damit subjektiv verzerrt sein. Da Navigationspfade mitgeschnitten wurden, bestand die Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen bekundetem Interesse und tatsächlichem Handeln zu überprüfen. Dreihundertzwei Schüler zwischen zehn und achtzehn Jahren bearbeiteten für die Untersuchung einen Interessefragebogen zu den Organismengruppen Säugetiere, Vögel, Amphibien/Reptilien, Insekten, Spinnen, Fische, Blütenpflanzen, Moose/Farne, Pilze sowie Mikroorganismen. In den Daten des Interessefragebogens zeigte sich, dass Säugetiere als mit Abstand am interessantesten eingeschätzt wurden. Es folgten Vögel und Fische. Die Fragebogenangaben bestätigen zudem den aus der Forschungsliteratur bekannten Befund eines sinkenden Interesses an Fauna und Flora mit dem Erreichen höherer Jahrgangsstufen. Während der Lernphase erkundeten die Versuchsteilnehmer selbstständig die Tier- und Pflanzendatenbank und nutzten die Suchmaske, um sie interessierende Lebewesen zu finden. Die ersten

Positionen bei den eingegebenen Suchbegriffen nahmen Spinne, Katze, Fisch, Hund, Hai, Schlange, Tiger, Pferd, Maus und Elefant ein. Erst an siebzehnter Stelle folgte mit Hanf die erste Blütenpflanze. Nach Taxa zusammengefasst wurde am häufigsten nach Säugetieren gesucht, gefolgt von Fischen und Amphibien/Reptilien. Am längsten wurden Steckbriefe von Säugetieren betrachtet, dann folgten Blütenpflanzen und Insekten. Beim Vergleich der Fragebogendaten mit den Messdaten aus dem Informationssystem ergaben sich Korrespondenzen, die für die Gültigkeit der Ergebnisse aus der Fragebogenerhebung sprechen. Erstmals konnte so im Bereich biologischer Vielfalt ein wichtiger Beleg für die Gültigkeit des häufig verwendeten Erhebungsverfahrens der Fragebogenmessung erbracht werden. Zusätzlich diente das aufgezeigte Interessenspektrum zur gezielten Erweiterung der Artendatenbank des Museums.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Verbindung von schulischem und außerschulischem Unterricht ist ein wichtiges Instrument, um Kinder und Jugendliche an die drängenden Probleme, die im Bereich Biodiversität in den nächsten Jahrzehnten zu erwarten sind, heranzuführen. Diese Forschungsarbeit hat gezeigt, dass Schüler Interesse und Freude dabei empfinden, sich Wissenswertes über die biologische Vielfalt der Erde anzueignen. Kindern und Jugendlichen, die sich vielfach mit dem Thema noch wenig auseinandergesetzt haben, wurde mithilfe des computergestützten Informationssystems und der Museumsobjekte ein Zugang eröffnet, Biodiversität als etwas Interessantes, Schönes und für den Menschen Lebensnotwendiges zu erfahren. Informationen über beliebte oder besonders faszinierende heimische Arten und Lebensräume wurden mit Aspekten, die den Schülern noch wenig bekannt sind, wie ökologische Wechselwirkungen, globale Zusammenhänge, Gefährdung sowie Bedeutung der biologischen Vielfalt als Lebensgrundlage für den Menschen verknüpft.

Allerdings ist die gesellschaftliche Resonanz auf die drohende Biodiversitätskrise (Loreau & Oteng-Yeboah, 2006) im Vergleich zur Reaktion auf den Klimawandel eher gering. Zu den dahinterliegenden Gründen zählen die Unwissenheit der Bevölkerung in Hinblick auf Güter und Dienstleistungen, die intakte Ökosysteme liefern, sowie der scheinbar unlösbare Konflikt zwischen ökonomischer Entwicklung und Naturschutz, der sich bei einer nicht-nachhaltigen Nutzung abzeichnet (Loreau & Oteng-Yeboah, 2006). Darüber hinaus sind die Auswirkungen eines Biodiversitätsverlusts, bedingt durch die komplexen Wechselwirkungen innerhalb der Organisationsebenen Gene, Arten und Ökosysteme, schwieriger zu messen, zu interpretieren und vorherzusagen als andere Umweltproblematiken wie Ozonloch oder sogar Klimaveränderung, und damit in Politik und Öffentlichkeit schwerer zu vermitteln (Ceballos & Ehrlich, 2002; Loreau & Oteng-Yeboah, 2006).

Wegen der Komplexität des Themas und der gesellschaftlichen Bedeutung sollte die Aufklärung der Bevölkerung über Biodiversität und nachhaltige Entwicklung nicht vorrangig Massenmedien überlassen werden. Selbst in angesehenen Zeitungen reichen die Beiträge von Endzeitszenarien (Boyle, 2007) bis zur Verharmlosung des Biodiversitätsrückgangs (Miersch, 2001). Der Laie wird sich so kein realistisches Bild der Gefährdung machen können. Daher ist weiterhin vonnöten, das Thema Biodiversität auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse in der schulischen und außerschulischen Bildung und in einer langfristig angelegten Öffentlichkeitsarbeit zu etablieren. Die Vermittlung von Natur- und Umweltthemen im Stile einer Katastrophenpädagogik hat sich in der Schulbildung

allerdings nicht als zielführend erwiesen, Interesse und Verhaltensveränderungen hervor-
zurufen (Unterbruner, 1993). Sie führt eher dazu, dass Kinder und Jugendliche sich von der
Thematik abwenden. Günstiger ist es, einen positiven Einstieg in das Thema Biodiversität
bereitzustellen, künftige Entwicklungen sachlich zu beschreiben und darüber hinaus
Strukturen zu schaffen, in denen sich Kinder und Jugendliche persönlich engagieren
können, und dadurch Freude und Interesse an der Natur zu wecken. Das computergestützte
Informationssystem, das auf aktuelle Entwicklungen hin angepasst werden kann und so
Veränderungen der genetischen Vielfalt, des Artenspektrums und der Lebensräume
abbildet, leistet in diesem Aufgabenfeld einen wichtigen Beitrag.

Zusätzlich zu den Ergebnissen in der Vermittlung des Themas Biodiversität liefern die
durchgeführten Untersuchungen Hinweise für künftige Studien im Naturkundemuseum.
Das computergestützte Informationssystem erwies sich als wirkungsvolle Ergänzung zu
den Ausstellungsobjekten im Naturkundemuseum. Inwieweit diese Ergebnisse auch auf
weitere Themengebiete und andere Besuchergruppen, wie z.B. Schüler anderer Alters-
stufen oder Familien, übertragbar sind, sollte angesichts des häufigen Einsatzes von
Computerprogrammen in Museen noch weiter untersucht werden. Anhaltspunkte für
weitere Forschungsansätze liefert auch die Studie zum Flow-Erleben. Dieses angenehme,
als lernförderlich bezeichnete Erleben war bei einem Teil der Schüler zu verzeichnen, trat
jedoch seltener auf als Museumsfachleute bisher vermuteten. Insbesondere für Schulgrup-
pen sollten als Alternative zu Arbeitsblättern weitere effektive instruktionale Hilfen für das
Lernen in Museen entwickelt werden. Dem Fortschritt, der hinsichtlich Ausstattung und
Gestaltung der Museen in den letzten Jahren erzielt worden ist, könnte so auch auf
didaktischer Ebene begegnet werden.

Abschließend werden Gesichtspunkte für die weitere Anwendung des *Contextual Model of Learning* (Falk & Dierking, 2000) in der Lehr-/Lernforschung aufgezeigt. Zusammen mit
seinem Vorläufer (Falk & Dierking, 1992) dient dieses Rahmenmodell seit etlichen Jahren
als Organisationshilfe, um in empirischen Beiträgen (Cox-Petersen, Marsh, Kisiel &
Melber, 2003; Gilbert & Priest, 1997; Pedretti, 2004) die vielfältigen Faktoren des
Museumslernens explizit zu berücksichtigen. Von den Autoren wird die eher deskriptive
als prädiktive Natur des Modells betont (Falk & Dierking, 2000; Dierking, 2002, Falk &
Storksdieck, 2005). Lernprozesse und -ergebnisse sollen eher beschrieben als erklärt und
vorhergesagt werden. Die aufgestellten Faktoren sind nicht streng voneinander zu trennen
und daher nicht einzeln erfassbar. Sie sind im Vergleich zu anderen didaktischen oder
lernpsychologischen Modellen (vgl. Hofer, 2004) auch weniger präzise formuliert.

Dadurch erlaubt das *Contextual Model of Learning* keine konkrete Umsetzung von Forschungsvorhaben. Methoden, Messinstrumente und Untersuchungsdesign müssen selbst entwickelt und etabliert werden. Zusätzlich ist es erforderlich Verfahren, die in der Pädagogik und pädagogischen Psychologie Anwendung finden, für die Erhebungen anzupassen.

Die meisten Forschungsprojekte richten sich gezielt auf einen Teil des Modells. So wendete sich Pedretti (2004) dem persönlichen Kontext zu. Auch die eigenen Forschungsarbeiten sind vorrangig in diesem Bereich angesiedelt. Wir beschränken uns in unseren Studien auf eine tiefgehende Untersuchung einzelner Aspekte, ohne mögliche Effekte durch andere Variablen auszuschließen. Insgesamt folgen wir den Inhalten der ursprünglichen Veröffentlichung von Falk und Dierking (2000), in denen das Modell als Denkrahmen den Aufbau künftiger Studien erleichtern soll und Forschern eine Orientierungshilfe anbietet.

Der erste Versuch, den Einfluss aller Faktoren als Gesamtbild darzustellen, wurde von Falk und Storksdiack (2005) unternommen. Sie zerlegen die bisherigen Faktoren und beziehen zusätzliche ein. Beispielsweise wird der zweite Faktor Vorwissen, Interesse und Überzeugungen in die Einzelfaktoren Vorwissen, Vorinteressen und Vorerfahrungen aufgefächert. Ähnliches gilt im gegenständlichen Kontext für den Faktor Strukturierungs- und Orientierungshilfen. In diesem Kontext kommt außerdem neu „Architektur und großräumige Umgebung“ hinzu. Mit der Weiterentwicklung sollte die Untersuchung einzelner Lernbedingungen ermöglicht werden, um so Lernprozesse und -ergebnisse gezielter identifizieren zu können. Allerdings birgt die Aufnahme einer Fülle von Parametern die Schwierigkeit, diese mittels anerkannter Testverfahren und unter zeitlich akzeptablen Bedingungen für die Probanden zu erheben. Um den Eingangstest nicht zu umfangreich zu gestalten, nahmen Falk und Storksdiack (2005) kaum Mehrfachmessungen vor. So wurde Motivation nur durch drei stark divergierende Items überprüft, was innerhalb der klassischen Testtheorie (Rost, 2004) eine mangelhafte Umsetzung bedeutet. Für ein so komplexes Konstrukt wie Motivation kann dieses Testverfahren nicht ausreichend sein. Dies legt nahe, dass eine Gesamterhebung der Faktoren noch nicht genügend ausgereift ist und auf jeden Fall präzisiert werden sollte (vgl. Wilde, in Druck). Für das Lernen im Museum bietet das *Contextual Model of Learning* in seiner ursprünglichen Form jedoch eine tragfähige Konstruktion zur Strukturierung der komplexen Bedingungen des Museumslernens.

Insgesamt lässt sich beobachten, dass bei Untersuchungen von Lernprozessen im Museum theoretische Grundlagen der Lehr-Lernforschung nicht immer so konsistent angewendet werden, wie dies in anderen didaktischen Forschungsbereichen, wie z.B. bei internationalen Lernvergleichsstudien, bereits der Fall ist. Die notwendigen Forschungsansätze, um mittel- und langfristig wissenschaftlich fundierte Daten zum außerschulischen Lernen zu gewinnen, sind vorhanden. Interesseanregende Angebote von Museen, Zoos und Science Centern sind allorts anzutreffen. Das Lernen von Kindern und Jugendlichen in diesen beliebten Bildungseinrichtungen angemessen abzubilden und effektiver zu gestalten, sollte ein wesentliches Anliegen zukünftiger fachdidaktischer Forschung sein.

6 Literaturverzeichnis

- AAAS (1989). *Science for all Americans. Project 2061. American Association for the Advancement of Science*. New York: Oxford University Press.
- AAAS (1993). *Benchmark for science literacy. Project 2061. American Association for the Advancement of Science*. New York: Oxford University Press.
- Allen, S. (2004). Designs for learning: Studying science museum exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88(Suppl. 1), S17-S33.
- AMNH (2007). Biodiversity Counts. American Museum of Natural History, New York City. Retrieved 20.05.2007, from www.amnh.org/education/resources/biocounts
- Anderson, D. & Lucas, K. B. (1997). The effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior to visitation. *Research in Science Education*, 27, 485-495.
- Anderson, D., Lucas, K. B. & Ginns, I. S. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 177-199.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Baillie, J. E. M., Hilton-Taylor, C. & Stuart, S. N. (Eds.). (2004). *IUCN Red List of threatened species: A global species assessment*. Gland: IUCN.
- BBC (Hrsg.). (2001). *Zur Lage des Planeten. Mit David Attenborough*. Grünwald: Komplett Media.
- Bebbington, A. (2005). The ability of A-level students to name plants. *Journal of Biological Education*, 39, 63-67.
- Berck, K.-H. & Graf, D. (2003). *Biologiedidaktik von A bis Z: Wörterbuch mit 1000 Begriffen*. Wiebelsheim: Quelle und Meyer.
- Berck, K.-H. & Klee, R. (1992). *Interesse an Tier- und Pflanzenarten und Handeln im Natur-Umweltschutz. Eine empirische Studie an Erwachsenen und ihre Konsequenzen für die Umwelterziehung*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Bezemer, T. M. & van der Putten, W. H. (2007). Diversity and stability in plant communities. *Nature*, 446, E6-E7.
- BfN (Hrsg.). (1997). *Erhaltung der biologischen Vielfalt. Wissenschaftliche Analyse deutscher Beiträge*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Bieberbach, M. (2000). *Effizienz von Projektunterricht*. Herdecke: GCA.

- Bisby, F. A. (2000). The quiet revolution: Biodiversity informatics and the internet. *Science*, 289, 2309-2312.
- BMU (1997). *Agenda 21. Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung* (2. Aufl.). Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Bögeholz, S. (1999). *Qualitäten primärer Naturerfahrung und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umwelthandeln*. Opladen: Leske + Budrich.
- Bogner, F. X. & Wiseman, M. (2004). Outdoor ecology education and pupils' environmental perception in preservation and utilisation. *Science Education International*, 15, 27-48.
- Bolscho, D. & Michelsen, G. (2002). *Umweltbewusstsein unter dem Leitbild Nachhaltiger Entwicklung. Ergebnisse empirischer Untersuchungen und pädagogische Konsequenzen*. Opladen: Leske + Budrich.
- Bolscho, D. & Seybold, H. (1996). *Umweltbildung und ökologisches Lernen: ein Studien- und Praxisbuch*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Boyle, T. C. (2007). Hoffnung? Keine! *Die Zeit*, 17.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. (Eds.). (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Research Council.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., et al. (2006). Global biodiversity conservation priorities. *Science*, 313, 58-61.
- Brundtland-Report (1987). *Our common future. World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- CBD (1992). Übereinkommen über die biologische Vielfalt. In BMU (Hrsg.), *Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung. Dokumente* (S. 21-38). Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Ceballos, G. & Ehrlich, P. R. (2002). Mammal population losses and the extinction crisis. *Science*, 296, 904-907.
- Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., et al. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405, 234-242.
- Clark, R. E. (2001). *Learning from Media: Arguments, analysis, and evidence*. Connecticut: Information Age Publishing.
- Cordova, D. I. & Lepper, M. R. (1996). Intrinsic motivation and the process of learning: Beneficial effects of contextualization, personalization, and choice. *Journal of Educational Psychology*, 88, 715-730.

- Cox-Petersen, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, J. & Melber, L. M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 200-218.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Das Flow-Erlebnis – Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen* (6. Aufl.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Csikszentmihalyi, M. & Hermanson, K. (1995). Intrinsic motivation in museums: What makes visitors want to learn? *Museum news*, 74(3), 34-37, 59-61.
- Csikszentmihalyi, M. & Robinson, R. E. (1990). *The art of seeing: An interpretation of the aesthetic encounter*. Los Angeles, CA: J. Paul Getty Museum.
- Csikszentmihalyi, M. & Schiefele, H. (1993). Die Qualität des Erlebens und der Prozeß des Lernens. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 207-221.
- de Haan, G. & Harenberg, D. (1999). *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Gutachten für das BLK-Programm (Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung Nr. 72)*. Bonn: Bund-Länder-Kommission.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2004). Intrinsic Motivation Inventory (IMI). Retrieved 31.07.2004, from www.psych.rochester.edu/SDT/measures/intrins.html
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (Eds.). (2002). *Handbook of self-determination research*. Rochester, NY, USA: The University of Rochester Press.
- Dierking, L. D. (2002). The role of context in children's learning from objects and experiences. In S. G. Paris (Ed.), *Perspectives on object-centered learning in museums* (pp. 3-18). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Dierking, L. D., Ellenbogen, K. & Falk, J. H. (2004). In principle, in practice: Perspectives on a decade of museum learning research (1994-2004). *Science Education*, 88(Suppl. 1), S1-S3.
- Dierking, L. D., Falk, J. H., Rennie, L. J., Anderson, D. & Ellenbogen, K. (2003). Policy statement of the "informal science education" ad hoc committee. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 108-111.
- Dobson, A. P. (1997). *Biologische Vielfalt und Naturschutz: der riskierte Reichtum*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Edwards, J. L., Lane, M. A. & Nielsen, E. S. (2000). Interoperability of biodiversity databases: Biodiversity information on every desktop. *Science*, 289, 2312-2314.
- Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltige Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177-197.

- Eulefeld, G., Frey, K. & Haft, H. (1981). *Ökologie und Umwelterziehung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Euler, D. (1992). *Didaktik des computerunterstützten Lernens: praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen*. Nürnberg: Bildung und Wissen.
- Ewers, R. M. & Rodrigues, A. S. L. (2006). Speaking different languages on biodiversity. *Nature*, 443, 506.
- Falk, J. H. & Adelman, L. M. (2003). Investigating the impact of prior knowledge and interest on aquarium visitor learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 163-176.
- Falk, J. H. & Dierking, L. D. (1992). *The museum experience*. Washington, DC: Whalesback.
- Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2000). *Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield.
- Falk, J. H. & Storksdieck, M. (2005). Using the contextual model of learning to understand visitor learning from a science center exhibition. *Science Education*, 89, 744-778.
- Feher, E. & Rennie, L. J. (2003). Guest Editorial. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 105-107.
- Feketitsch, D. (2004). Mit „Baumi“ Bäume kennen lernen: ein Bestimmungsschlüssel im Internet. *Unterricht Biologie* (293), 11-14.
- Feketitsch, D. (2007). Eikes Baumschule. Mit Kindern Laubbäume bestimmen. Pädagogische Hochschule Karlsruhe. Retrieved 20.05.2007, from www.baum.bio-div.de
- Finke, E. (1999). Faktoren der Entwicklung von Biologieinteressen in der Sekundarstufe I. In R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessenforschung* (S. 103-117). Kiel: IPN.
- Finson, K. D. & Enochs, L. G. (1987). Student attitudes toward science-technology-society resulting from a visit to a science-technology museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 593-609.
- Fricke, R. (2002). Evaluation von Multimedia. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (3. Aufl., S. 403-413). Weinheim: BeltzPVU.
- Gaston, K. J. (1996). *Biodiversity: A biology of numbers and difference*. Oxford: Blackwell Science.
- Gayford, C. (2002). Controversial environmental issues: A case study for the professional development of science teachers. *International Journal of Science Education*, 24, 1191-1200.

- Gelhaar, K.-H., Klepel, G. & Fankhänel, K. (1999). Analyse der Ontogenese der Interessen an Biologie, insbesondere an Tieren und Pflanzen, an Humanbiologie und Natur- und Umweltschutz. In R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschafts-didaktischen Lern- und Interessenforschung* (S. 118-130). Kiel: IPN.
- GEO (2007). 9. GEO-Tag der Artenvielfalt 2007. Retrieved 20.05.2007, from www.geo.de/GEO/natur/oekologie/tag_der_artenvielfalt
- Gervé, F. (2001). Mit dem Computer lernen im Sachunterricht. *Computer und Unterricht*, 43, 44-49.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28, 957-976.
- Gilbert, J. K. & Priest, M. (1997). Models and discourse: a primary school science class visit to a museum. *Science Education*, 81, 749-762.
- Gräsel, C. (1999). Die Rolle des Wissens beim Umwelthandeln – oder: Warum Umweltwissen träge ist. *Unterrichtswissenschaft*, 27, 196-212.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (Hrsg.). (2006). *Fachdidaktik Biologie*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Hammann, M. (2002). *Kriteriengeleitetes Vergleichen im Biologieunterricht*. Innsbruck: Studienverlag.
- Harms, U., Mayer, J., Hammann, M., Bayrhuber, H. & Kattmann, U. (2004). Kerncurriculum und Standards für den Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. Tenorth (Hrsg.), *Kerncurriculum Oberstufe II. Biologie, Chemie, Physik, Geschichte, Politik. Expertisen – im Auftrag der Kultusministerkonferenz* (S. 22-84). Weinheim und Basel: Beltz.
- Hein, G. E. (1998). *Learning in the museum*. London: Routledge.
- Hesse, M. (1984). Empirische Untersuchungen zum Biologie-Interesse bei Schülern der Sekundarstufe I. *Naturwissenschaften im Unterricht – Biologie*, 32, 344-350.
- Hessisches Kultusministerium (2007). *Lehrplan Biologie. Gymnasialer Bildungsgang*.
- Hiering, P. G. (1988). *Entwicklung eines Computermodells für den Biologieunterricht zur Veranschaulichung ausgewählter Zusammenhänge im „Ökosystem See“*. Ludwig-Maximilians-Universität München: Münchner Schriften zur Didaktik der Biologie.
- Higgins, H. H. (1884). Museums of natural history. *Transactions of the literary and philosophical society of Liverpool*, 183-221.
- Hobohm, C. (2000). *Biodiversität*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Hofer, M. (2004). Schüler wollen für die Schule lernen, aber auch anderes tun. Theorien der Lernmotivation in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 18, 79-92.

- Högger, D. (2000). Unterricht zum Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung. In H. Bayrhuber & U. Unterbruner (Hrsg.), *Lehren und Lernen im Biologieunterricht*. Innsbruck: Studienverlag.
- Holt, A. (2006). Biodiversity definitions vary within the discipline. *Nature*, 444, 146.
- Hungerford, H. R. & Volk, T. L. (1990). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21, 8-21.
- IOB (1986). *Computers in school biology*. London: Institute of Biology
- ISB (2007). Lehrplan Bayern Gymnasium G8. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung. Retrieved 01.06.2007, from www.isb-gym8-lehrplan.de
- Issing, L. J. & Klimsa, P. (Hrsg.). (2002). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (3. Aufl.). Weinheim: BeltzPVU.
- Jäkel, L. (2005). Alltagspflanzen im Fokus. Botanisches Lernen in Zusammenhängen – eine didaktische Herausforderung im Anfangsunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften*, 54(3), 15-22.
- Jenkins, M. (2003). Prospects for biodiversity. *Science*, 302, 1175-1177.
- Karger, C. R. & Wiedemann, P. M. (1994). Wahrnehmung von Umweltproblemen als Auslöser ökologischen Handelns. *Natur und Landschaft*, 69(1), 3-8.
- Killermann, W., Hiering, P. & Starosta, B. (2005). *Biologieunterricht heute – Eine moderne Fachdidaktik* (11. Aufl.). Donauwörth: Auer.
- Köck, P. & Ott, H. (1989). *Wörterbuch für Erziehung und Unterricht*. Donauwörth: Auer.
- Korn, H. (2002). Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt – Inhalte, Arbeitsweisen und Themenschwerpunkte. In H. Korn & U. Feit (Hrsg.), *Treffpunkt Biologische Vielfalt II: Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt* (S. 13-18). Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN).
- Krapp, A. (2006). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 280-302). Weinheim: BeltzPVU.
- Krombaß, A. (2002). Content concept “Biodiversity”. In A. Krombaß, D. Urhahne & U. Harms (Eds.), *TREBIS (IST-2000-28667) – Deliverable D1: Didactical concept and evaluation tools* (pp. 12-50). Information Society Cultural Heritage Application. Luxembourg: European Commission.
- Krombaß, A. & Harms, U. (2006). Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernförderliche Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 7-22.

- Krombaß, A. & Harms, U. (2008). Acquiring basic knowledge about biodiversity in a natural history museum – Are worksheets effective? *Journal of Biological Education*, 42, 157-163.
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2002). *TREBIS (IST-2000-28667) – Deliverable D1: Didactical concept and evaluation tools*. Information Society Cultural Heritage Application. Luxembourg: European Commission.
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003a). Lernen mit Neuen Medien: TREBIS – Entwicklung und Erprobung eines Informationssystems zum Thema Biodiversität. In H. Korn & U. Feit (Hrsg.), *Treffpunkt Biologische Vielfalt III: Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt* (S. 201-206). Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN).
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003b). Alters- und Geschlechtsunterschiede beim außerschulischen Lernen mit einem computergestützten Informationssystem zur Biodiversität. In A. Bauer et al. (Hrsg.), *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen* (S. 205-208). Kiel: IPN.
- Krombaß, A. & Harms, U. (2005). Computergestütztes Lernen über Biodiversität. In H. Bayrhuber et al. (Hrsg.), *Bildungsstandards Biologie. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im Verband Deutscher Biologen* (S. 143-146). Kassel: VDBiol.
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2007). Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit Computern und Ausstellungsobjekten in einem Naturkundemuseum. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 87-101.
- Krombaß, A., Urhahne, D., Jeschke, J. & Harms, U. (2003). *TREBIS (IST-2000-28667) – Deliverable D3: Evaluation results*. Information Society Cultural Heritage Application. Luxembourg: European Commission.
- Krüger, D. (2002a). Entwicklungsorientierte Evaluation im computergestützten Gentechnikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 8, 133-150.
- Krüger, D. (2002b). Lernprogramm Gentechnik [CD-Rom]: Cornelsen.
- Leicht, A. (2005). Nachhaltigkeit lernen: Die UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung (2005-2014)“ in Deutschland. *Forum* (3/4), 15-17.
- Leinhardt, G., Crowley, K. & Knutson, K. (Eds.). (2002). *Learning conversations in museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lens, W. (1994). Personal computers in the learning environment and student motivation. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 38, 219-230.
- Lindemann-Matthies, P. (2002). The influence of an educational program on children's perception of biodiversity. *The Journal of Environmental Education*, 33, 22-31.

- Lindemann-Matthies, P. (2006). Investigating nature on the way to school: Responses to an educational programme by teachers and their pupils. *International Journal of Science Education*, 28, 895-918.
- Loreau, M. & Oteng-Yeboah, A. (2006). Diversity without representation. *Nature*, 442, 245-246.
- Löwe, B. (1987). Interessenverfall im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie* (124), 62-65.
- Löwe, B. (1992). *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie*. Weinheim: Deutscher Studienverlag.
- Lude, A. (2001). *Naturerfahrung und Naturschutzbewusstsein* (Vol. 2). Innsbruck: Studienverlag
- Lude, A. (2005). Naturerfahrung und Umwelthandeln. Neue Ergebnisse aus Untersuchungen mit Jugendlichen. In U. Unterbruner & F. Umweltbildung (Hrsg.), *Natur erleben. Neues aus Forschung und Praxis zur Naturerfahrung* (S. 65-84). Innsbruck: Studienverlag.
- Maierhofer, M. (2001). *Förderung des systemischen Denkens durch computergestützten Biologieunterricht*. Herdecke: GCA.
- Malcom, S. M. (2001). Education and biodiversity. In S. A. Levin (Ed.), *Encyclopaedia of biodiversity* (Vol. 2, pp. 383-394). San Diego: Academic Press.
- Margules, C. R. & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405, 243-253.
- Martin, L. M. (2004). An emerging research framework for studying informal learning and schools. *Science Education*, 88(Suppl. 1), S71-S82.
- Mayer, J. (1996). Biodiversitätsforschung als Zukunftsdisziplin. *IDB Münster*, 5, 19-41.
- McCann, K. S. (2000). The diversity-stability debate. *Nature* 405, 228-233.
- McManus, P. (1985). Worksheet-induced behaviour in the British Museum. *Journal of Biological Education*, 19, 237-242.
- Menzel, S. & Bögeholz, S. (2006). Vorstellungen und Argumentationsstrukturen von Schüler(innen) in der elften Jahrgangsstufe zur Biodiversität, deren Gefährdung und Erhaltung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 199-217.
- Miersch, M. (2001). Konjunktur für Käferzähler. *Die Zeit*, 50.
- Mooers, A. Ø. (2007). Conservation biology: The diversity of biodiversity. *Nature*, 445, 717-718.
- Nationalpark Bayerischer Wald (2007). Wildniscamp am Falkenstein. Retrieved 20.05.2007, from www.wildniscamp.de

- Nöding, S. (1996). Der See. Übungen mit dem Computersimulationsprogramm des FWU. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie*, 45(7), 32-36.
- NRC (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Paris, S. G. (Ed.). (2002). *Perspectives on object-centered learning in museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Pedretti, E. G. (2004). Perspectives on learning through research on critical issues-based science center exhibitions. *Science Education*, 88(Suppl. 1), S34-S47.
- Pfligersdorffer, G. (2002). Wie Schüler die Spielsimulation „Fish Banks“ erleben. Zwischen komplexer Dynamik und einem ökologisch sozialen Dilemma. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 8, 103-118.
- Pondorf, P. (1998). *Computereinsatz im Biologieunterricht der Realschule. Untersuchungen zu kognitiven und affektiven Aspekten*. Herdecke: GCA.
- Purvis, A. & Hector, A. (2000). Getting the measure of biodiversity. *Nature*, 405, 212-219.
- Ramey-Gassert, L., Walberg, H. J. I. & Walberg, H. J. (1994). Reexamining connections: Museums as science learning environments. *Science Education*, 78, 345-363.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 613-658). Weinheim: BeltzPVU.
- Reiser, B., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F. & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms. In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (pp. 263-305). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. In J. Moeller & O. Koeller (Hrsg.), *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung* (S. 175-190). Weinheim: BeltzPVU.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept. In F. Rheinberg & J. Stiensmeier-Pelster (Hrsg.), *Die Erfassung des Flow-Erlebens* (2. Aufl., S. 261-279). Göttingen: Hogrefe.
- Roschelle, J. (1995). Learning in interactive environments: Prior knowledge and new experience. In J. H. Falk & L. D. Dierking (Eds.), *Public institutions for personal learning: Establishing a research agenda*. (pp. 37-51). Washington, DC: American Associations of Museums.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion* (2. Aufl.). Bern: Hans Huber.
- Sandifer, C. (2003). Technological novelty and open-endedness: Two characteristics of interactive exhibits that contribute to the holding of visitor attention in a science museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 121-137.

- Schäfer, H. (2006). Besucherforschung und Psychologie (Stiftung Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland, Bonn/Leipzig). In M. Schuster & H. Ameln-Haffke (Hrsg.), *Museumspsychologie. Erleben im Kunstmuseum* (S. 49-60). Göttingen: Hogrefe.
- Scherf, G. & Bienengräber, B. (1988). Grundkenntnisse über Umweltgefährdung und Umweltschutz bei 9- bis 12-jährigen Schülern (Grund- und Hauptschule). *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 41, 419-427.
- Schiefele, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen: Hogrefe.
- Schmid, M. (2004). Inatura – Erlebnis Naturschau Dornbirn. *Neues Museum*, 4, 2.
- Schnotz, W. (2006). *Pädagogische Psychologie: Workbook* Weinheim: BeltzPVU.
- Schrenk, M. & Holl-Giese, W. (Hrsg.). (2005). *Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ergebnisse empirischer Untersuchungen* (Vol. 1). Hamburg: Verlag Dr. Kovac.
- Schunk, D. A., Pintrich, P. R. & Meece, J. L. (2007). *Motivation in education: Theory, research and applications* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Slavin, R. (1996). Research for the future: Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know. *Contemporary Educational Psychology*, 21, 43-69.
- Smith, A. T., Boitani, L., Bibby, C., Brackett, D., Corsi, F., da Fonseca, G. A. B., et al. (2000). Databases tailored for biodiversity conservation. *Science*, 290, 2073-2074.
- Städtler, T. (1998). *Lexikon der Psychologie*. München: Kröner.
- Sternberg, R. J. & Wagner, R. K. (Hrsg.). (1996). *Practical intelligence: Nature and origins of competence in the everyday world*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tilman, D. (1996). Biodiversity: Population versus ecosystem stability. *Ecology*, 77, 350-363.
- Tilman, D. (2000). Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature*, 405, 208-211.
- Tilman, D., Reich, P. B. & Knops, J. M. H. (2006). Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature*, 441, 629-632.
- Tunnicliffe, S. D. & Laterveer-de Beer, M. (2002). An interactive exhibition about animal skeletons: Did the visitors learn any zoology? *Journal of Biological Education*, 36, 130-134.
- Unterbruner, U. (1993). Umwelterziehung zwischen Katastrophenpädagogik und Pflichtoptimismus. *Umwelterziehung* (4/5), 16-17.
- Unterbruner, U. (2004). Abenteuer im Wald: virtuell und real. *Unterricht Biologie* (293), 15-19.

- Urhahne, D., Jeschke, J., Krombaß, A. & Harms, U. (2004). Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 18, 213-219.
- Urhahne, D. & Krombaß, A. (2002). Interesse und Motivation für ein Datenbanksystem zur Biodiversität. In H. Vogt & C. Retzlaff-Fürst (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik. Beiträge der 4. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VdBiol in Rostock-Warnemünde*. (S. 11-26). Rostock: Universitätsdruckerei.
- Urhahne, D., Krombaß, A. & Harms, U. (2003). Quantitative und qualitative Evaluation des instruktionalen Designs eines Informationssystems zur Biodiversität. In A. Bauer et al. (Hrsg.), *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen* (S. 193-196). Kiel: IPN.
- Urhahne, D., Prenzel, M., v. Davier, M., Senkbeil, M. & Bleschke, M. (2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 157-186.
- van Weelie, D. & Wals, A. E. J. (2002). Making biodiversity meaningful through environmental education. *International Journal of Science Education*, 24, 1143-1156.
- von Carlowitz, H. C. (1713/2000). *Sylvicultura oeconomica*, Anweisung zur wilden Baumzucht. In K. Irmer & A. Kießling (Hrsg.), *Hannß Carl von Carlowitz – Reprint der Ausgabe Leipzig, Braun, 1713*. Freiberg: TU Bergakademie Freiberg und Akademische Buchhandlung.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wilde, M. (in Druck). Das „Contextual Model of Learning“ – ein Theorierahmen zur Erfassung von Lernprozessen in Museen. In H. Vogt & D. Krueger (Eds.), *Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Heidelberg: Springer-Verlag
- Wilson, E. O. (Ed.). (1997). *Biodiversity* (2nd ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- Winters, F. I. & Azevedo, R. (2005). High-school students' regulation of learning during computer-based science inquiry. *Journal of Educational Computing Research*, 33, 189-217.

7 Im Rahmen der Dissertation entstandene Publikationen

Die während der Dissertation entstandenen Artikel sind in der unten stehenden Reihenfolge in das Dokument eingefügt. Alle Artikel außer Artikel 4 (Krombaß, Urhahne und Harms, 2003) wurden nach dem üblichen Verfahren durch mehrere Gutachter geprüft und sind bzw. werden in anerkannten fachdidaktischen und pädagogischen-psychologischen Zeitschriften publiziert. Artikel 4 wurde auf Einladung des Bundesamts für Naturschutz verfasst.

1. Krombaß, A. & Harms, U. (2006). Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernförderliche Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 7-22.
2. Krombaß, A. & Harms, U. (2008). Acquiring basic knowledge about biodiversity in a natural history museum – Are worksheets effective? *Journal of Biological Education*, 42, 157-163.
3. Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2007). Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit Computern und Ausstellungsobjekten in einem Naturkundemuseum. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 87-101.
4. Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003). Lernen mit Neuen Medien: TREBIS – Entwicklung und Erprobung eines Informationssystems zum Thema Biodiversität. In H. Korn & U. Feit (Hrsg.), *Treffpunkt Biologische Vielfalt III: Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt* (S. 201-206). Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN).
5. Urhahne, D., Jeschke, J., Krombaß, A. & Harms, U. (2004). Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 18, 213-219.

ANGELA KROMBASS UND UTE HARMS

Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernförderliche Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums

Zusammenfassung

Die Studie behandelt motivierende und lernförderliche Wirkungen eines computergestützten Informationssystems zur Biodiversität, das als Ergänzung der Exponate in einem Naturkundemuseum eingesetzt wird. Im Gegensatz zum häufigen Einsatz von Computerprogrammen in Museen liegen zu dessen Wirkungen kaum empirische Studien vor. An der Prä-Posttest-Fragebogenstudie mit Lernphase im Museum nahmen 148 Gymnasialschülerinnen und -schüler im Alter von 11 bis 15 Jahren teil. In Zweiergruppen lösten die Teilnehmer mit Hilfe des Computers und der Ausstellungsobjekte Arbeitsaufträge zum Thema Biodiversität. Dabei bestand bei einigen Aufgaben die freie Wahl des Informationsmediums. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Passung von Fähigkeiten und Anforderung (nach der Flow-Theorie von Csikszentmihalyi) für die Tätigkeiten am Computer und in der Ausstellung. Beide Medientypen wurden auf Selbstbestimmungsskalen von Deci und Ryan positiv beurteilt. Die Ausstellung erzeugte mehr Interesse und Vergnügen. Dagegen wurde der Computer für Recherchezwecke häufiger ausgewählt. Mit beiden Medien wurden mittelhohe Lernerfolge erzielt, die Effektstärken fielen beim Faktenwissen höher aus als beim konzeptuellen Wissen. Insgesamt wird deutlich, dass das Thema Biodiversität den Untersuchungsteilnehmern durch die gezielte Mediennutzung nahegebracht werden konnte. Das computergestützte Informationssystem kann als wirkungsvolle Ergänzung der Museumsobjekte angesehen werden.

Schlagwörter: Computer – Lernen im Museum – Motivation – Wissenserwerb – Biodiversität

Abstract

The study examines the motivational and cognitive effects of a computer-based information system on biodiversity which aims at supplementing the exhibits of a natural history museum. In contrast to the frequent use of computer programmes in museums, this topic is addressed by relatively few empirical studies. 148 high school students aged 11 to 15 took part in the pre-post-test-questionnaire study which included a learning phase in the museum. The participants, grouped into pairs, answered worksheets on the topic of biodiversity by using the computer or the exhibition objects. On some tasks they had free choice between the media. The results show a balance between skills and demands (according to the flow theory of Csikszentmihalyi) for activities at the computer as well as at the museum exhibits. Both types of media were rated positively on Deci and Ryan's self-determination scales. The exhibits caused more interest and enjoyment than the computer, however the computer was more frequently selected for inquiry purposes. Medium-high learning outcomes were achieved with both media types, with higher effect sizes for factual knowledge in comparison to conceptual knowledge. In conclusion, the participants obtained a more comprehensive view of the topic of biodiversity by goal-oriented media use. The computer-based information system may be considered an effective supplement of museum exhibits.

Keywords: Computer – museum learning – motivation – knowledge acquisition – biodiversity

1 Einleitung

Computer werden als ein vielseitiges Medium in zahlreichen Museen eingesetzt. Sie geben den Besuchern die Möglichkeit, Informationen selbstgesteuert und interaktiv zu erlangen. Durch ihren Einsatz soll die Motivation gefördert werden, sich näher mit den Ausstellungsthemen zu befassen (Schmitt-Scheersoi & Vogt, 2005). Zugleich zielt der Besuch einer

informellen Bildungseinrichtung auch auf einen Informationsgewinn. Ob Computer einen Mehrwert im Museum darstellen, ist bisher in Hinblick auf motivationale und kognitive Faktoren noch unzureichend untersucht worden (vgl. Bartels & Hein, 2003). Kaum ein Museum verzichtet jedoch auf multimediale Informationstechnologie und speziell für Museen entwickelte Software. Inwieweit ein computer-

gestütztes Informationssystem zum Thema Biodiversität in einem modern gestalteten Naturkundemuseum die Forderungen nach Motivation und Wissenszuwachs erfüllen kann, ist Gegenstand dieser Untersuchung.

Biodiversität umfasst die Vielfalt der Lebensräume, der darin lebenden Organismen und ihrer Erbinformationen (Hobohm, 2000). Durch die Biodiversitätskonvention von Rio de Janeiro 1992 wurde verbindlich festgelegt, weltweit Kinder und Jugendliche an das Thema Biodiversität heranzuführen, um sie damit auf zukünftige umweltpolitische Entscheidungsprozesse vorzubereiten (BMU, 1997). An diesen Auftrag knüpft die hier vorgestellte Untersuchung an. Sie erweitert das von der Europäischen Union geförderte Projekt TREBIS (Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System, IST-2000-28667). Darin wurde ein computergestütztes Informationssystem zum Thema Biodiversität von uns in Kooperation mit den österreichischen Partnern Vorarlberger Naturschau und Biogis Consulting GmbH speziell für den Gebrauch in Museen entwickelt und unter Mitwirkung von über tausend Schülerinnen und Schülern unter kontrollierten, laborähnlichen Bedingungen erprobt. Das System erhielt gute Wertungen hinsichtlich Nutzerfreundlichkeit, Motivation und Interesse (Krombaß, Urhahne & Harms, 2003a, 2003b; Urhahne, Jeschke, Krombaß & Harms, 2004). Die umfassende Evaluation dieses Informationssystems lieferte die Datengrundlage für die hier vorgestellte Feldstudie, die nach aktuellen Forderungen (Dierking, Falk, Rennie, Anderson & Ellenbogen, 2003) unter Lernbedingungen, wie sie Schulklassen an einem außerschulischen Lernort vorfinden, durchgeführt wurde.

Über das Lernen in Naturkundemuseen wird seit rund 120 Jahren geforscht. Die früheste Besucherstudie in einem Naturkundemuseum wurde 1884 von Higgins durchgeführt. Doch als eigener, auch theoretisch fundierter Forschungsschwerpunkt ist das „Lernen im Museum“ erst seit relativ kurzer Zeit fest etabliert (Anderson, Lucas & Ginns, 2003). Noch 1994 beanstandeten Ramey-Gassert, Walberg und

Walberg den Mangel an theoretischen Grundlagen: „Much of the literature pertaining to learning in museums is anecdotal and craft wisdom.“ (1994, S. 345). Auch zwischen dem Lernen in Schulen und dem außerschulischen („informellen“) Lernen wurde noch kaum unterschieden (Anderson et al., 2003).

Doch in den letzten zehn Jahren sind zahlreiche wissenschaftlich fundierte Veröffentlichungen über das Lernen in Museen erschienen. Dazu zählen sowohl Grundlagenwerke (z.B. Hein, 1998; Falk & Dierking, 2000) als auch Themenhefte in Fachzeitschriften der Naturwissenschaftsdidaktiken (Dierking, Ellenbogen & Falk, 2004; Feher & Rennie, 2003). Auch im deutschen Sprachraum existieren bereits einige fachdidaktische Publikationen zu diesem Thema (Groß & Gropengießer, 2005; Schmitt-Scheersoi & Vogt, 2005; Wilde, Urhahne & Klautke, 2003). Eine Vielzahl an Forschungsarbeiten zeigte, dass Vorwissen und Vorerfahrungen, Interesse und Motivation nicht nur das schulische, sondern auch das außerschulische Lernen wesentlich beeinflussen (vgl. Dierking et al., 2003).

Mehr als beim regulären Unterricht findet Lernen an einem außerschulischen Lernort selbstmotiviert, freiwillig und interessengelenkt statt (Dierking et al., 2003). Rennie, Feher, Dierking und Falk (2003) beschreiben für empirische Studien, die sich mit dem Lernen an außerschulischen Lernorten auseinandersetzen, verschiedene Forderungen. Dabei kommt der Erhebung der motivationalen Bedingungen des Lernens wie z.B. Wahlfreiheit, Kontrolle und den Interessen und Erwartungen eine zentrale Bedeutung zu. Auch die Lernumgebung selbst wird als überaus wichtig erachtet. Deshalb sollte die Erhebung in einem „authentischen“ Kontext stattfinden – d.h. hier also direkt im Museum. Soziokulturelle Faktoren, wie zum Beispiel das Lernen in Gruppen, sollten berücksichtigt werden. Darüber hinaus sollten neben den Lernergebnissen auch die Lernprozesse selbst untersucht werden. Schließlich wird noch die Bedeutung von Längsschnittstudien und die Erweiterung der Methodenvielfalt angeführt.

Die Forderungen nach Klärung der motivationalen Lernbedingungen und die Einbeziehung eines authentischen Umfelds bilden neben den kognitiven Lerneffekten die Ansatzpunkte unserer Untersuchung. Innerhalb dieses Forschungsrahmens wird auch die soziokulturelle Bedingung berücksichtigt, dass Schulklassen sich bei Museumsbesuchen häufig in Kleingruppen aufspalten (Griffin & Symington, 1997). Ein Einblick in Lernprozesse ergibt sich aus Motivationserhebungen direkt während des Museumsrundgangs. Im Folgenden werden die theoretischen Grundlagen dieser Untersuchungsaspekte ausgeführt.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Flow-Theorie

Eine bekannte Motivationstheorie ist die Flow-Theorie von Csikszentmihalyi (1996). Mit *flow* wird das Gefühl des völligen Aufgehens in einer Tätigkeit bezeichnet. Das Handeln wird als ein einheitliches Fließen von einem Augenblick zum nächsten erlebt (Rheinberg, Vollmeyer & Engeser, 2003). Als wichtigste Voraussetzung für das Erleben eines Flow-Zustandes setzt Csikszentmihalyi (1996) ein Gleichgewicht zwischen Handlungsanforderungen und eigenen Fähigkeiten. Testpersonen sollen sich bei der Lösung von Aufgaben herausgefordert fühlen und trotz hoher Beanspruchung das sichere Gefühl haben, die Situation noch unter Kontrolle zu haben. Übersteigen die Fähigkeiten die gestellten Anforderungen, ergibt sich Langeweile; sind die Anforderungen dagegen zu hoch, resultiert Angst. Das Auftreten eines Flow-Erlebnisses hingegen wird als angenehm empfunden. Es kann durch die Vorgabe klarer und erreichbarer Ziele sowie durch unmittelbares Feedback gefördert werden (Csikszentmihalyi & Hermanson, 1995). Beim Museumslernen hat sich hier der Einsatz sorgfältig ausgewählter Arbeitsaufträge als unterstützend erwiesen (Price & Hein, 1991). Zum Erfassen einzelner Flow-Komponenten, u. a. der Passung von Fähigkeit und Anforderung, entwickelten Rheinberg et al. (2003) eine Kurzskaala. Sie ist zur Einbindung in Arbeitsaufträge geeignet und dient als Variante zur Experience Sampling Methode (Csikszentmihalyi & Schiefele,

1993), bei der Probanden auf ein Signal hin eine Tätigkeit unterbrechen und ihren aktuellen motivationalen Zustand auf elektronischen Skalen einschätzen.

2.2 Selbstbestimmungstheorie

Die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1985, 2002) setzt den Fokus auf intrinsisch motiviertes Verhalten. Dieses Verhalten entwickelt sich durch das Interesse an einem Gegenstand oder das Vergnügen bei einer Handlung. Es wird nicht durch äußere Belohnungen, Versprechungen oder Bestrafungen aufrecht erhalten. Zur Erklärung intrinsisch motivierten Verhaltens ziehen Deci und Ryan (1985) das Bedürfnis nach Kompetenz und Autonomie heran. Die Annahme eines Bedürfnisses nach Kompetenz geht auf Ausführungen zur Wirksamkeitsmotivation von White (1959) zurück. Bei diesem Bedürfnis handelt es sich um ein angeborenes Verlangen, Anforderungen der Umwelt wirksam zu begegnen. Wenn Personen Herausforderungen annehmen, die ihnen das Gefühl vermitteln, kompetent zu handeln und angestrebte Ziele zu erreichen, stärkt das ihre Motivation. Schülerinnen und Schüler neigen von sich aus dazu, interessante Dinge auszuprobieren, bei denen sie ihre Fähigkeiten auf die Probe stellen und erweitern können. Deshalb sind Aufgaben, die ein angemessenes Stück weit über das bereits Gelernte hinaus gehen, am besten geeignet, um sie zur Eigenaktivität zu motivieren (Ryan & La Guardia, 1999). Durch die Bewältigung herausfordernder Aufgaben wird das Gefühl der Kompetenz gestärkt. Die Annahme eines Bedürfnisses nach Autonomie oder Selbstbestimmung bildet die zweite Grundsäule der Selbstbestimmungstheorie. Eine Person handelt selbstbestimmt, wenn sie Kontrolle über das eigene Handeln ausübt und frei von äußerem Druck agiert. Sie nimmt sich dann als Initiator des eigenen Handelns wahr. Die Bedeutung wahrgenommener Kontrolle wird auch in anderen Motivationstheorien anerkannt (Bandura, 1997; Rotter, 1966). Für das selbstbestimmte Handeln ist es neben dem Kontrollempfinden wichtig, frei von äußerem Druck zu sein (deCharms, 1968). In diesem Zustand

besitzt die Person Wahlmöglichkeiten, welche Handlungen begonnen und aufrecht erhalten werden sollen (Deci & Ryan, 1985).

Forschungsarbeiten zur Selbstbestimmungstheorie haben eine Reihe von Bedingungen aufgezeigt, durch die das Empfinden von Autonomie gefördert bzw. eingeschränkt wird. Wahrgenommene Kontrolle und die Möglichkeit, zwischen unterschiedlichen Handlungen wählen zu können, stärken das Autonomieempfinden. Dagegen wird durch kontrollierende Belohnungen, auferlegte Ziele, externe Bewertungen und Überwachungen die Autonomie einer Person reduziert (Ryan & La Guardia, 1999).

Museen bieten günstige Voraussetzungen, das selbstbestimmte Lernen zu fördern. Auch wenn Schulklassen nicht durch ihre eigene Wahl bedingt ein Museum besuchen, bieten die meisten Museen genügend Gelegenheiten, autonom und kompetent zu handeln. Lepper und Henderlong (2000) weisen auf ein Zusammenspiel intrinsischer und extrinsischer Motivation in vielen lebensweltlichen Situationen hin. Unter der Voraussetzung, dass die Lehrkraft mit geeigneten Lernbedingungen für außerschulische Lernorte vertraut ist (Cox-Petersen, Marsh, Kisiel & Melber, 2003; Griffin & Symington, 1997), genießen die Schüler größere Freiheiten als im Schulunterricht. Sie können sich mit Ausstellungsstücken, die sie interessieren, besonders intensiv auseinandersetzen. Seitens der Schüler wird ein geringerer Druck empfunden. Die Lehrkraft gilt mehr als Partner und Unterstützer und kann das Kompetenzerleben der Schüler fördern, sich in der ungewohnten Lernumgebung selbst zurechtzufinden.

2.3 Flow-Theorie und Selbstbestimmungstheorie

Flow-Theorie und Selbstbestimmungstheorie bilden keinen Gegensatz, sie ergänzen sich vielmehr. So beschäftigt sich die Flow-Theorie vor allem mit den unmittelbaren Verhaltenszielen, z.B. dem angenehmen Erleben einer Tätigkeit, die Selbstbestimmungstheorie dagegen mit den ultimativen Verhaltenszielen, z.B. der Kompetenzentwicklung (Schneider, 1996).

2.4 Wissen

Neben motivationalen Faktoren werden auch Lernergebnisse untersucht. Auf der Grundlage von Blooms revidierter Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich (Anderson & Krathwohl, 2001) wird Faktenwissen (*factual knowledge*) und konzeptuelles Wissen (*conceptual knowledge*) geprüft. Faktenwissen beinhaltet einzelne, für sich stehende Begriffe oder Tatsachen, Wissen über Fachausdrücke und Wissen über besondere Einzelheiten und Merkmale. Beim konzeptuellen Wissen stehen diese einzelnen Wissensselemente miteinander in Beziehung, es entsteht Wissen über Zuordnungen und Einteilungen, Wissen über Gesetzmäßigkeiten und Verallgemeinerungen sowie Wissen über Theorien, Modelle und Strukturen. Die Unterscheidung von Faktenwissen und konzeptuellem Wissen hat für Pädagogen und nicht zuletzt für die Leistungsbeurteilung eine besondere Bedeutung. Der Lehrer kann den Fokus auf den Erwerb einzelner Wissensbestandteile oder aber auf deren Einordnung in einen größeren Zusammenhang legen. Die Aneignung konzeptuellen Wissens bildet gemäß Anderson und Krathwohl (2001) die Basis für tiefergehendes Verständnis. Konzeptuelles Wissen spielt auch eine bedeutende Rolle beim Lernen von Naturwissenschaften in Museen, ist aber bislang noch wenig untersucht worden (Falk, 1997). Im Museum ist die Messung des Lernerfolgs erfahrungsgemäß schwierig. Dies liegt nach Falk und Dierking (2000) an der Vielfalt personeller und soziokultureller Faktoren sowie an der Lernumgebung selbst. Zwei Gründe begünstigen in unserem Versuchsaufbau die Messung des Wissenserwerbs. Schulklassen sind in der Regel homogener zusammengesetzt als reguläre Besuchergruppen, z.B. Familien. Durch den Einsatz von Arbeitsaufträgen sind die einzelnen Stationen eines Museumsrundgangs vorgegeben. Der Lernzuwachs an Fakten- und konzeptuellem Wissen wird dadurch leichter messbar.

2.5 Computer im Museum

Computer haben sich bei der Wissensvermittlung anderen Medien gegenüber nicht unbedingt als überlegen erwiesen (Urhahne, Prenzel,

v. Davier, Senkbeil & Bleschke, 2000). Clark (2001; Clark & Feldon, 2005) geht davon aus, dass die Art des Mediums beim Wissenserwerb von nachgeordneter Bedeutung ist. Im Gegensatz zu den Anfangszeiten des Computereinsatzes, als dieser für die Wissensvermittlung als das Medium der Zukunft betrachtet wurde (Mayer, 2001), wird die Computernutzung im Rahmen von Lernprozessen heute kritischer eingeschätzt. Falk und Dierking (2000) ebenso wie Csikszentmihalyi und Hermanson (1995) legen dar, dass moderne Medien, wie z.B. Computerprogramme, von der Begegnung mit Originalobjekten abhalten können. Die multimediale Vermittlung drängt die Begegnung mit Tieren und Pflanzen in den Hintergrund. Dennoch werden immer mehr Museen mit Computerterminals ausgestattet. Im Extremfall ersetzen virtuelle Ausstellungen im Internet sogar einen Museumsbesuch (Bartels & Hein, 2003). Im Gegensatz zu ihrem zunehmenden Einsatz wurden die Wirkungen von computergestützten Lernumgebungen in Museen bisher kaum empirisch untersucht. Eine Ausnahme bildet die Besucherstudie von Schmitt-Scheerso und Vogt (2005), die sich jedoch überwiegend mit dem Grad der Beliebtheit eines interaktiven Computerprogramms zum Thema „Individualität“ im Vergleich zu anderen Ausstellungsobjekten auseinandersetzt. Hier war der Computer das beliebteste Medium. Krombaß et al. (2003a, 2003b) beschäftigten sich in einer Evaluationsstudie mit motivationalen und kognitiven Wirkungen des computergestützten Informationssystems, das auch in der vorliegenden Studie verwendet wird. Das Informationssystem erreichte gute Bewertungen hinsichtlich Interesse/Vergnügen, Kompetenz und Autonomie und führte zu einem deutlichen Lernzuwachs. Allerdings wurde es zu jenem Zeitpunkt nicht in einem voll ausgestatteten Museum unter wirklichkeitsgetreuen Bedingungen eingesetzt. Eine Pilotstudie mit dem hier verwendeten Untersuchungsansatz lieferte Hinweise dafür, dass die Aufgabenstellungen, die im Museum zu bearbeiten waren, vom Schwierigkeitsgrad her angemessen waren (Krombaß & Harms, 2005). Beim Wissenstest lag die mittlere Lösungswahrscheinlichkeit bei

55%, dies bedeutet, dass die Aufgaben weder zu leicht noch zu schwierig konzipiert waren. Die Erfahrungen aus den Studien von Schmitt-Scheerso und Vogt (2005) sowie Krombaß et al. (2003a, 2003b, 2005) zusammen mit weiteren empirischen Untersuchungen (s.u.) lassen nun einige Schlüsse für die Anwendung von Computern in Naturkundemuseen zu.

Computer sind bei älteren Kindern und Jugendlichen ein beliebtes Medium und könnten als Anreiz für einen Besuch im Naturkundemuseum dienen; denn die Themengebiete „Tiere, Pflanzen und ihre Lebensräume“ sprechen diese Zielgruppe oft nicht unmittelbar an (Löwe, 1987, 1992), sind aber im Lehrplan vorgesehen. Fletcher und Tobias (2005) legen dar, dass zahlreiche empirische Befunde für die kognitive Wirksamkeit multimedialer Instruktionen sprechen. Komplexe Inhalte können durch multimediale Lernumgebungen anschaulich vermittelt werden. Hier setzt das computergestützte Informationssystem an, das das Thema Biodiversität durch die Vielfalt an Präsentationsmöglichkeiten, wie z.B. den Einsatz von Hypertext, Animationen und benutzerfreundliche Datenbanken, leicht zugänglich gestaltet. Schau- und Texttafeln, die diese Inhalte verdeutlichen könnten, sind in Museen und anderen außerschulischen Lernorten oft knapp gehalten oder werden von den Besuchern nicht genügend beachtet (Groß, 2004). Ein Computerprogramm kann darüber hinaus Inhalte bieten, die das Ausstellungsthema vertiefen. Daher erscheint der Computer für das vielschichtige Thema Biodiversität besonders geeignet.

3 Hypothesen

3.1 Motivation

Sowohl bei der Beschäftigung mit den Ausstellungsobjekten als auch beim Arbeiten mit dem Computer sollte sich bei einer Mehrzahl der Schülerinnen und Schülern eine Passung von Fähigkeiten und Anforderungen ergeben, die als Voraussetzung für ein Flow-Erleben gilt (Rheinberg & Vollmeyer, 2003).

Es wird angenommen, dass die positiven motivationalen Wirkungen hinsichtlich Interesse/Vergnügen, Wahlfreiheit, Kompetenz und

Druck/Anspannung, die in vorhergehenden Studien mit dem Informationssystem zur Biodiversität erreicht wurden, repliziert werden können. Durch die moderne Konzeption des Naturkundemuseums (s.u.) gehen wir davon aus, dass die Ausstellungsobjekte mindestens ebenso gute Bewertungen wie der Computer erzielen.

Wir gehen davon aus, dass sowohl der Computer mit seinen multimedialen Möglichkeiten als auch die Ausstellung mit zahlreichen attraktiven Exponaten von den Kindern und Jugendlichen gut angenommen werden. Besteht die Wahl zwischen diesen Medien, sollte der Computer mindestens ebenso häufig für die Recherche genutzt werden wie die Ausstellungsobjekte. Darüber hinaus wird vermutet, dass Teilnehmer mit besseren Computerkenntnissen und höherem Computerinteresse eher den Computer als Informationsquelle verwenden als die Ausstellungsobjekte.

3.2 Kognition

Es wird erwartet, dass insgesamt ein Wissenszuwachs von Vor- zu Nachtest eintritt. Anhaltspunkte dafür geben für den Computer die Ergebnisse aus der Evaluationsstudie (Krombaß et al., 2003a, 2003b) sowie für beide Medien die Pilotstudie (Krombaß & Harms, 2005). Ein Wissenswuchs sollte sowohl beim Faktenwissen als auch für konzeptuelles Wissen zu verzeichnen sein. Dabei sollte die Art des verwendeten Mediums keine bedeutende Rolle spielen.

4 Methode

4.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 148 elf- bis fünfzehnjährige Schülerinnen und Schüler ($M = 13,10$ Jahre, $SD = 1,28$) der Jahrgangsstufen sechs bis neun eines Dornbirner Gymnasiums teil. Der Mädchenanteil betrug 57,4%. Die Untersuchung fand im Rahmen des Biologieunterrichts statt.

4.2 Das Naturkundemuseum

Die *inatura – Erlebnis Naturschau* Dornbirn zählt mit 3000 m² Ausstellungsfläche zu den mittelgroßen Naturkundemuseen Österreichs. Von der Eröffnung im Sommer 2003 bis zur

Datenerhebung im Oktober 2004 besuchten über 200.000 Menschen das Museum, darunter mehrere Schulklassen pro Tag sowie zahlreiche Urlauber und Tagesbesucher. Die Besucher erleben bei einem Rundgang die Lebensräume Vorarlbergs vom Hochgebirge über Wald, Gewässer bis hin zur kulturlandschaftlich und städtisch geprägten Ebene am Bodensee. Das zugrundeliegende Museums-konzept wurde von international erfahrenen Fachleuten, darunter Sir D. Attenborough und Prof. Dr. F. Vester entwickelt (Schmid, 2004; www.inatura.at). Es rückt ab von klassischen „Naturalienkabinetten“ und Dioramen. Stattdessen werden in der ehemaligen Maschinenfabrik die verschiedenen Lebensräume Vorarlbergs durch raumhohe Gestaltungselemente, 3-D-Projektionen und den Einsatz von Tierpräparaten, die angefasst werden dürfen, sowie durch lebende Tiere und Pflanzen erfahrbar. Zusätzlich zu dieser Vermittlungsarbeit im Museum erfüllt die *inatura* auch Aufgaben einer naturkundlichen Sammlung und Forschungseinrichtung.

4.3 Das computergestützte Informationssystem

Das Informationssystem zur Biodiversität ist auf insgesamt 16 Personal-Computern inmitten der verschiedenen Ausstellungsbereiche Gebirge, Wald, Wiese, Gewässer und Stadt eingerichtet. Es setzt sich aus zwei Hauptbestandteilen zusammen, die beide nach einem didaktischen Konzept der Universität München entwickelt wurden.

Im ersten Teil erhält der Nutzer auf etwa vierzig Programmseiten einen Überblick über die biologische Vielfalt Vorarlbergs und der Welt. Dazu werden neben knapp gehaltenen Texten und einem Glossar mit den wichtigsten Fachausdrücken vor allem Fotos, Zeichnungen, Animationen und kurze Filme verwendet. Zunächst wird der Begriff „Biodiversität“ definiert und erklärt. Danach entscheidet sich der Nutzer des Informationssystem für einen der drei Programmabschnitte „Vielfalt“, „Dynamik“ oder „Ethik“. Diese informieren über den Artenreichtum verschiedener Lebensräume, über ökologische Zusammenhänge und Ursa-

chen der Gefährdung der Biodiversität sowie über die Bedeutung der biologischen Vielfalt für den Menschen und Möglichkeiten der nachhaltigen Nutzung.

Der zweite Teil „Arten und Lebensräume Vorarlbergs“ ist ähnlich wie die Ausstellung selbst in fünf verschiedene Lebensräume – Gebirge, Wald, Grünland, Gewässer und Siedlungsraum – eingeteilt. Die Lebensräume und Hunderte darin vorkommender Tier- und Pflanzenarten werden durch ausführliche Steckbriefe, großformatige Fotos und Verbreitungskarten vorgestellt. Dieser Programmteil basiert auf Microsoft Access- und GIS (Geographic Information System)-Datenbanken. Daher können die Texte, Fotos und Landkarten durch Museumsmitarbeiter fortlaufend aktualisiert und ergänzt werden.

Für die Besucher des Museums besteht über die Funktion „Suche“ die Möglichkeit, zu allen Programmpunkten zu recherchieren, z. B. zu einem Lebewesen oder einem biologischen Konzept. Darüber hinaus können die Benutzer über eine Übersichtsseite oder durch die Navigationsleiste selbstgesteuert zu den verschiedenen Programmabschnitten wechseln.

4.4 Testinstrumente

Die Untersuchung fand als Vortest-Nachtest-Fragebogenstudie mit dazwischengeschalteter Lernphase im Museum statt. Abbildung 1 gibt einen Überblick über das Forschungsdesign und die eingesetzten Testinstrumente.

4.4.1 Motivation

Motivation wurde mit drei Messinstrumenten erfasst: einer Flow-Skala zur Passung von Fähigkeit und Anforderung, Skalen nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1985, 2003) sowie Angaben über die Wahl des bevorzugten Mediums.

Aus der Flow-Kurzskala von Rheinberg, Vollmeyer und Engeser (2003) wurden drei Items zur Passung von Fähigkeit und Anforderung entnommen, mit denen die Schülerinnen und Schüler während des Museumsbesuchs die Anforderungen, ihre eigenen Fähigkeiten und die Anforderungspassung einschätzten. Die Beantwortung dieser Items erfolgte über fünfstufige Likert-Skalen, die separat für die Tätigkeit am Computer bzw. für die Tätigkeit in der Ausstellung eingesetzt wurden.

Die Motivation, die bei der Lösung der Arbeitsaufträge anhand des Computers bzw. der Ausstellungsobjekte empfunden wurde, wurde im Nachtest mit den Skalen des „Task Evaluation

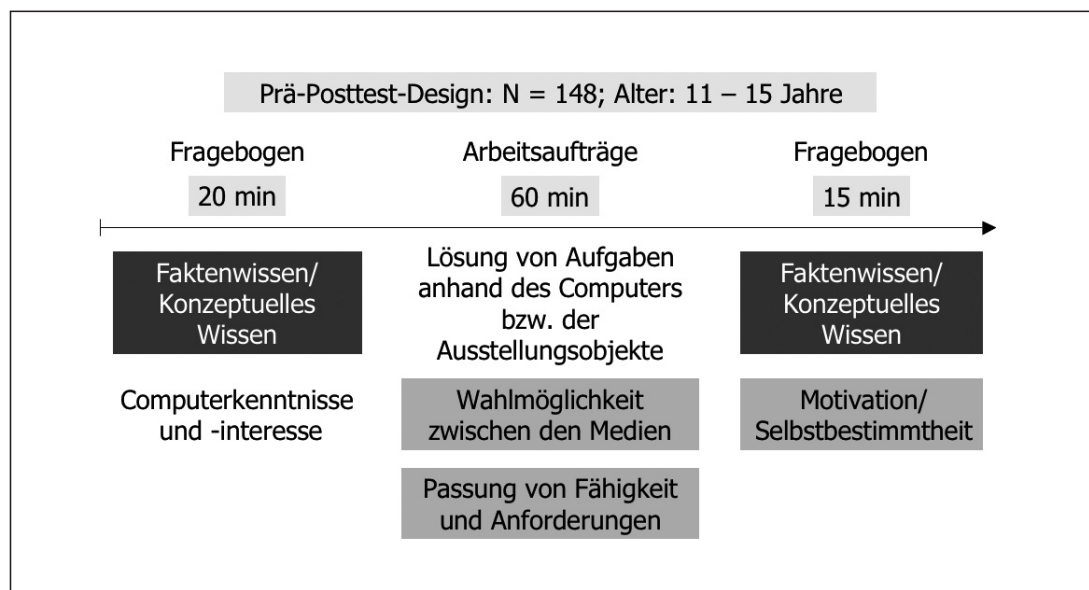


Abbildung 1: Überblick über das Forschungsdesign und die eingesetzten Testinstrumente

Questionnaires“ von Deci und Ryan (2003) gemessen. Mit diesem Messinstrument lassen sich die Faktoren „Interesse/Vergnügen“, „wahrgenommene Kompetenz“, „wahrgenommene Wahlfreiheit“ und „Druck/Anspannung“ bei der Ausführung einer Tätigkeit erfassen. Alle Faktoren wurden mit je drei Items über eine fünfstufige Likert-Skala (1 „stimmt gar nicht“, 2 „stimmt wenig“, 3 „stimmt teils teils“, 4 „stimmt ziemlich“, 5 „stimmt völlig“) erhoben. Die Skala „Interesse/Vergnügen“ („Ich fand die Computertätigkeit/die Tätigkeit in der Ausstellung sehr interessant.“, $\alpha = .86/\alpha = .86$) dient dabei als Indikator der intrinsischen Motivation. Die Skala „wahrgenommene Kompetenz“ („Ich glaube, ich war bei der Computertätigkeit/bei der Tätigkeit in der Ausstellung ziemlich gut.“, $\alpha = .90/\alpha = .82$) spiegelt das Kompetenzbedürfnis. Die Skalen „wahrgenommene Wahlfreiheit“ („Ich konnte die Computertätigkeit/die Tätigkeit in der Ausstellung selbst steuern.“, $\alpha = .77/\alpha = .84$) und „Druck/Anspannung“ („Bei der Computertätigkeit/der Tätigkeit in der Ausstellung fühlte ich mich unter Druck.“, $\alpha = .64/\alpha = .69$) sind dem Autonomiebedürfnis zugeordnet.

Das Medium konnte bei drei Aufgabenblöcken aus insgesamt elf offenen und Multiple-Choice-Aufgaben frei gewählt werden. Im ersten Aufgabenblock sollten die Teilnehmer sechs heimische Vogelarten des Lebensraums Wald benennen, entweder durch eine Datenbank-Recherche im Abschnitt „Lebensräume Vorarlbergs“ oder durch Auffinden präparierter Vögel an stilisierten Baumstämmen. Die beiden weiteren Aufgabenblöcke behandelten die Lebensweise und Gefährlichkeit von Hornissen. Die Informationen konnten zum einen über den Hornissen-Steckbrief in der Tier- und Pflanzendatenbank beschafft werden, zum anderen im Ausstellungsbereich „Lebensraum Wiese“, wo auf einer Schautafel neben Plexiglas-Behältern mit lebenden Hornissen und Bienen ebenfalls die notwendigen Informationen zusammengestellt waren. Die Wahl des Mediums – Ausstellungsobjekte oder Computer – war nach jedem Aufgabenblock durch Ankreuzen eines betreffenden grafischen Symbols zu kennzeichnen.

4.4.2 Wissen

Für Vor- und Nachtest wurde derselbe Wissenstest verwendet. Im Nachtest war die Fragenabfolge durch einen Zufallsgenerator randomisiert (www.random.org). Das im Vor- und Nachtest abgefragte Wissen konnte bei einem Museumsrundgang mit Hilfe von Arbeitsaufträgen erarbeitet werden. Beide Tests bestanden jeweils aus 14 Items, einer Zuordnungsaufgabe und 13 Multiple-Choice-Aufgaben mit größtenteils sechs Auswahlmöglichkeiten, bei denen bis zu drei Antworten korrekt waren.

Sechs Multiple-Choice-Aufgaben korrespondierten mit Arbeitsaufträgen, die ausschließlich am Computer zu lösen waren. Drei dieser Aufgaben behandelten Faktenwissen. Nach Anderson und Krathwohl (2001) wird dabei nach einzelnen, für sich stehenden Begriffen oder Tatsachen gefragt. Drei weitere Aufgaben bezogen sich auf konzeptuelles Wissen. Hier werden größere, in Zusammenhang stehende Grundbegriffe verlangt. Eine Beispielaufgabe für Faktenwissen lautet: „Wenn du alle bekannten Arten dieser Erde zu einer Party einladen würdest, wie viele Einladungen müsstest du verschicken? (a) ungefähr 17.500, (b) ungefähr 1.750, (c) ungefähr 1,75 Milliarden, (d) ungefähr 175, (e) ungefähr 1,75 Millionen, (f) ungefähr 175.000“; richtige Antwort: (e). Eine Frage zum konzeptuellen Wissen lautet: „Wodurch wird die weltweite Artenvielfalt nicht bedroht? (a) Wiederansiedlung von Raubtieren, (b) Nährstoffarmut der Meere, (c) Zerstörung von Lebensräumen, (d) Klimaveränderung, (e) Einschleppung fremder Arten, (f) Wachstum der Weltbevölkerung“; richtige Antworten (a) und (b).

Fünf Multiple-Choice-Aufgaben bezogen sich auf Themengebiete, die anhand der Ausstellungsobjekte zu lösen waren. Davon wurden zwei Fragen zu Faktenwissen gestellt, z. B.: „Was frisst der Biber? (a) Insekten und Krebse, (b) Zweige und Rinde (c) Wurzeln und Regenwürmer, (d) Schnecken und Muscheln (e), Kräuter und Wasserpflanzen, (f) Fische und Frösche“; richtige Antworten (b) und (e). Drei Fragen behandelten konzeptuelles Wissen, z. B.: „Was sind Gründe dafür, dass diese Tiere [Biber, Fischotter und Wolf] in Vorarlberg

ausgestorben sind? (a) Jagd, (b) Verfolgung durch Raubtiere, (c) Zerstörung des Lebensraums, (d) Nährstoffarmut des Bodensees, (e) Klimaveränderung in Vorarlberg, (f) Wachstum der Bevölkerung; richtige Antworten (a), (c) und (f).

Auf Wissen, welches gleichermaßen am Computer wie auch mit Hilfe der Ausstellungsobjekte erarbeitet werden konnte, bezogen sich drei Fragen. Es wurden nur Faktenfragen gestellt, da keine gleichlautenden Fragen zum konzeptuellem Wissen für beide Medientypen verfügbar waren. Bei einer Zuordnungsaufgabe sollten die Namen sechs heimischer Vogelarten richtig zusammengefügt werden (Blau – meise, Grau – specht, Fichten – kreuzschnabel, Wacholder – drossel, Buch – fink, Eichel – häher). Zwei Multiple-Choice-Fragen thematisierten Lebensweise und Gefährlichkeit von Hornissen. Ein Beispiel: „Was trifft bei Hornissen zu? (a) Sie bauen Waben aus Wachs; (b) Sie füttern ihre Brut mit Pflanzennektar; (c) Ein Volk lebt höchstens ein Jahr; (d) Ein Volk lebt mehrere Jahre; (e) Sie füttern ihre Brut mit Insekten; (f) Sie bauen Waben aus Papier“; richtige Antworten (c), (e) und (f).

Die Reliabilität der Wissensfragen lag im Vortest bei Cronbachs $\alpha = .39$, im Nachtest bei Cronbachs $\alpha = .65$. Die Messzuverlässigkeiten für das Wissen im Vortest sind relativ niedrig. Dies kann damit erklärt werden, dass das Thema Biodiversität vielen Schülerinnen und Schülern noch unbekannt war. Die Werte fallen im Nachtest weitaus höher aus, weil die Schüler während des Museumsbesuchs Gelegenheit hatten, sich das Thema zu erarbeiten.

4.4.3 Computerkenntnisse und -interesse

Um festzustellen, ob Computerkenntnisse und -interesse die Medienwahl beeinflussen, wurden zwei Skalen verwendet. Zur Messung der Computerkenntnisse wurden sechs Items dem nationalen österreichischen PISA-Bericht entnommen (Haider et al., 2001). Die Schülerinnen und Schüler sollten sowohl angeben, welche grundlegenden („Einen Aufsatz oder Brief mit Textverarbeitung verfassen und ausdrucken, kann ich ...“) als auch welche fortgeschrittenen („Eine eigene Homepa-

ge im Internet erstellen, kann ich ...“) Computer- und Internetkompetenzen sie besitzen. Zur Selbsteinschätzung diente eine fünfstufige Likert-Skala (1 „gar nicht“, 2 „nicht so gut“, 3 „mittelmäßig“, 4 „gut“, 5 „sehr gut“). Die Reliabilität lag bei $\alpha = .72$. Mit sieben Items wurde das Interesse an der Computernutzung erhoben ($\alpha = .82$). Auch hier wurde eine fünfstufige Likert-Skala (1 „stimmt gar nicht“, 2 „stimmt wenig“, 3 „stimmt teils teils“, 4 „stimmt ziemlich“, 5 „stimmt völlig“) verwendet. Die Items wurden aus Prenzel, Senkbeil, Ehmke und Bleschke (2002) entnommen („Ich habe keine Lust, mich mit Computern zu beschäftigen. (-)“) bzw. selbst erstellt („Wenn ich die Wahl habe, benutze ich zum Arbeiten den Computer.“).

4.5 Versuchsablauf

Die Studie fand mit insgesamt fünf Schulklassen an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen statt. Zunächst füllten die Teilnehmer im Klassenraum in etwa 20 Minuten den Fragebogen des Vortests aus. Ein jeweils selbstgewählter Kennname diente zur Anonymisierung dieses und der beiden folgenden Fragebogen. Nach dem Vortest ging die jeweilige Schulklasse mit ihrer Lehrkraft und der Versuchsleiterin zum Museum, das etwa zehn Gehminuten von der Schule entfernt liegt. In der Eingangshalle erhielt jeder Teilnehmer ein Klemmbrett mit den Arbeitsaufträgen. Die Schülerinnen und Schüler konnten sich dann einen Arbeitspartner suchen, mit dem sie die Aufgaben lösen wollten. Sie wurden angewiesen, sich nach einer Lautsprecherdurchsage in einer Stunde wieder in der Eingangshalle zu versammeln. Die Teilnehmer erkundeten, durch die Arbeitsaufträge geleitet, selbstständig das Museum. Dafür stand ausreichend Zeit zur Verfügung. Als Aufsichtspersonal war außer der Versuchsleiterin die jeweilige Lehrkraft anwesend. Nachdem die Schülerinnen und Schüler wieder in der Eingangshalle angekommen waren, gaben sie die Arbeitsaufträge ab und füllten in etwa zehn bis fünfzehn Minuten den Nachtest aus. Die Untersuchung dauerte pro Schulklasse etwa zwei Stunden.

Skala	1	2	3	4	5
Für mich sind die jetzigen Anforderungen ...	zu niedrig		gerade richtig		zu hoch
Computer	5.7	13.5	71.6	7.1	2.1
Ausstellung	5.4	16.2	69.2	8.5	0.8
Ich denke, meine Fähigkeiten auf diesem Gebiet sind ...	niedrig				hoch
Computer	5.7	11.3	39.0	24.8	19.1
Ausstellung	2.3	11.5	42.5	28.2	16.0
Verglichen mit dem, was ich sonst mache, ist die Tätigkeit ...	leicht				schwer
Computer	45.7	21.4	22.1	7.9	2.9
Ausstellung	30.8	20.8	40.0	4.6	3.8

Tabelle 1: Passung von Fähigkeit und Anforderung für Aufgaben am Computer und in der Ausstellung (Angaben in Prozent)

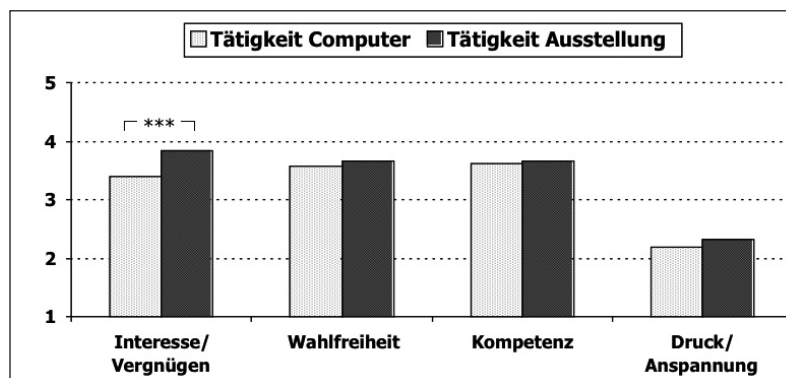


Abbildung 2: Mittelwerte der Selbstbestimmungsskalen für die Tätigkeiten am Computer und in der Ausstellung
Anmerkung. *** $p < .001$.

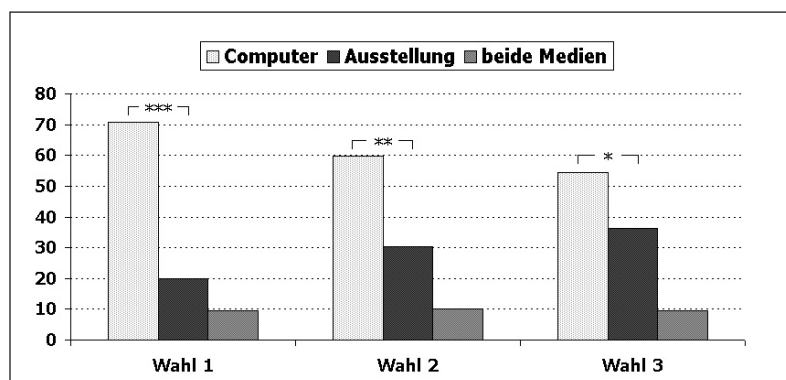


Abbildung 3: Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der SchülerInnen und Schüler bei der Medienwahl zwischen Computer und Ausstellungsobjekten
Anmerkungen. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

5 Ergebnisse

5.1 Motivation

Zunächst wird berichtet, ob die Anforderungen, die während des Museumsbesuchs an die Schülerinnen und Schüler gestellt wurden, ihren Fähigkeiten entsprachen (Tab. 1). Ein Großteil der Testteilnehmer bewertete die an sie gestellten Anforderungen als „gerade richtig“. Dies gilt sowohl für die Computeraufgaben als auch für die Aufgaben zu den Ausstellungsobjekten ($t_{129} = 0.00$, n. s.). Die eigenen Fähigkeiten auf dem jeweiligen Gebiet – Computernutzung oder Nutzung der Ausstellungsobjekte – schätzten rund 40 % der Testteilnehmer als mittel ein, ein ähnlich hoher Anteil bewertete sie noch günstiger. Auch hier ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Medien ($t_{129} = -.21$, n. s.). Die Anforderungen wurden bei den Tätigkeiten unterschiedlich bewertet; das Arbeiten am Computer fiel den Kindern leichter ($t_{127} = -3.14$, $p < .01$).

Die Motivation, sich mit dem Computer oder den Ausstellungsgegenständen zu befassen, wird anhand von Skalen nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (2003) dargestellt. Sowohl die Computertätigkeit als auch die Tätigkeit in der Ausstellung wurden insgesamt positiv beurteilt. Interesse/Vergnügen, wahrgenommene Wahlfreiheit und wahrgenommene Kompetenz erhielten im Durchschnitt hohe, der Faktor Druck/Anspannung dagegen niedrige Werte (Abb. 2). Signifikante Unterschiede zwischen den Medien sind nur bei Interesse/Vergnügen festzustellen (Wilcoxon $z = 5.53$, $p < .001$). So wurden das Interesse und das Vergnügen, die Aufgabenstellungen mit dem Computer zu bearbeiten, im Vergleich zu den Ausstellungsobjekten niedriger eingestuft.

Daraus resultiert die Frage: Welches Medium wird bei Wahlmöglichkeit häufiger genutzt? Das durchschnittliche Wahlverhalten bei allen drei frei wählbaren Aufgabenblöcken stellt sich folgendermaßen dar: 15,1 % der Teilnehmer wählten die Ausstellungsobjekte als alleinige Informationsquelle, 49,5 % den Computer und 35,4 % wechselten zwischen den Medientypen. Wird das Wahlverhalten einzeln aufgeführt, ergibt sich ein ähnliches Bild (Abb. 3).

Zu einem deutlich größeren Teil entschieden sich die Teilnehmer bei allen drei Aufgabenblöcken für den Computer als Informationsquelle (Wahlmöglichkeit 1: $\chi^2(1) = 30.38$, $p < .001$; Wahlmöglichkeit 2: $\chi^2(1) = 11.45$, $p < .01$; Wahlmöglichkeit 3: $\chi^2(1) = 4.20$, $p < .05$). Die abschließenden Aufgaben zu den Hornissen wurden von über einem Drittel der Teilnehmer direkt über die Ausstellung beantwortet. Der Anteil der Teilnehmer, der auch innerhalb der einzelnen Aufgabenblöcke beide Medientypen nutzte, blieb mit etwa 10 % relativ konstant. Darüber hinaus besteht auch ein Zusammenhang zwischen Computerkenntnissen und der Wahl des bevorzugten Mediums. Je höher die Computerkenntnisse im Vortest eingeschätzt wurden, umso häufiger wurde der Computer als Informationsquelle genutzt (Spearman's Rho = .24, $p < .05$). Tendenziell trifft das auch für den Zusammenhang von Computerinteresse und der Bevorzugung des Computers als Informationsmedium zu (Spearman's Rho = .18, $p < .10$). Computerkenntnisse und -interesse korrelieren allerdings nicht mit dem Interesse und Vergnügen beim Arbeiten mit den verschiedenen Medientypen.

5.2 Kognition

Im kognitiven Bereich konnten sich die Schüler in ihren Lernergebnissen über alle Fragen hinweg von Vortest ($M = 12.60$, $SD = 3.41$) zu Nachtest ($M = 17.10$, $SD = 4.91$) deutlich verbessern ($t_{147} = 12.36$, $p < .001$, $d = 1.03$). Die Effektstärke (d) deutet auf einen hohen Lerneffekt hin (Häußler, Bündler, Duit, Gräber & Mayer, 1998). Abbildungen 4 und 5 geben einen Überblick über die im Vor- und Nachtest erreichten Punktzahlen bei den Medienarten Computer und Ausstellungsobjekte. Bei den Fragen, die während des Museumsbesuchs am Computer zu lösen waren (Abb. 4), ist eine starke Verbesserung von Vor- zu Nachtest zu erkennen ($t_{145} = 10.78$, $p < .001$, $d = .95$). Der hohe Lerneffekt ist vor allem auf das Faktenwissen zurückzuführen ($t_{145} = 10.21$, $p < .001$, $d = 1.01$). Beim konzeptuellen Wissen ist er schwächer ausgeprägt ($t_{145} = 5.08$, $p < .001$, $d = .43$). Bei den Fragen zu den Ausstellungsobjekten (Abb. 5) ist insgesamt ein mittlerer

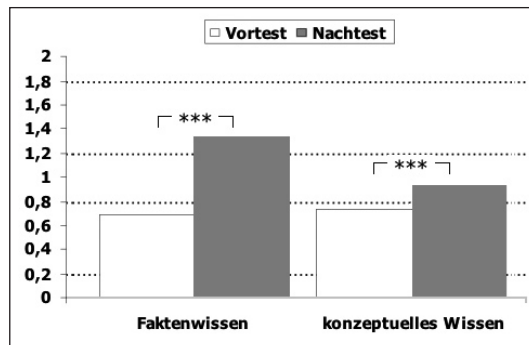


Abbildung 4: Durchschnittlich erreichte Punktzahl bei den am Computer zu lösenden Fragen zum Faktenwissen und zum konzeptuellen Wissen
Anmerkung. *** $p < .001$.

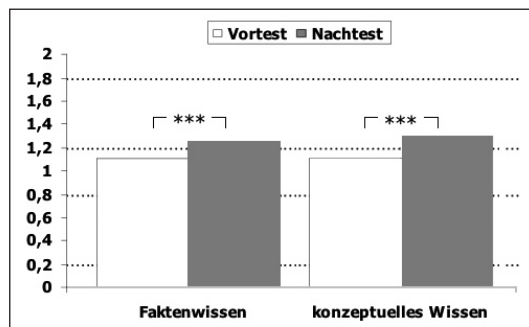


Abbildung 5: Durchschnittlich erreichte Punktzahl bei den anhand der Ausstellungsobjekte zu lösenden Aufgaben zum Faktenwissen und zum konzeptuellen Wissen
Anmerkung. *** $p < .001$.

Lerneffekt zu verzeichnen ($t_{145} = 4.83$, $p < .001$, $d = .47$). Dieser fällt beim Faktenwissen verhältnismäßig gering ($t_{143} = 3.80$, $p < .001$, $d = .32$), beim konzeptuellen Wissen etwas höher aus ($t_{145} = 4.70$, $p < .001$, $d = .48$). Allerdings ist zu beachten, dass die Aufgaben zu Computer und Ausstellungsobjekten wegen der aufeinander aufbauenden Themenstellung nicht identisch waren.

Direkt vergleichen lässt sich der Lernerfolg, wenn gleichlautende Arbeitsaufträge gestellt wurden. Dies war bei den Aufgaben der Fall, bei denen die Teilnehmer das Medium frei wählen konnten. Wieder ist ein deutlicher Wissenszuwachs zwischen Vor- und Nachtest zu verzeichnen ($t_{147} = 10.42$, $p < .001$, $d = .96$). Tendenziell signifikante Unterschiede zugunsten des Computers ergeben sich bei

einer Aufgabe zu den Vogelarten Österreichs ($F_{1,93} = 2.89$, $p < .10$). Bei zwei weiteren Fragen zur Lebensweise ($F_{1,102} = 1.08$, n.s.) und Gefährlichkeit ($F_{1,99} = 0.01$, n.s.) von Hornissen war dies nicht der Fall. Keine Zusammenhänge ergaben sich zwischen Computerkenntnissen bzw. -interesse und Wissenserwerb.

6 Diskussion

Die vorliegende Untersuchung überprüfte motivationale und kognitive Wirkungen eines computergestützten Informationssystems im außerschulischen Lernort Naturkundemuseum. Im Kontrast zum häufigen Einsatz des Computers liegen in diesem Bereich kaum wissenschaftliche Untersuchungen vor. Die hier empirisch gewonnenen Daten lassen den Schluss zu, dass das computergestützte Informationssystem eine motivierende und lernförderliche Ergänzung der Exponate des Naturkundemuseums darstellt.

Wie vermutet, entsprechen die zu bearbeitenden Aufgabenstellungen vom Anforderungsgrad her den Fähigkeiten der meisten Benutzer. Sowohl beim Arbeiten am Computer, als auch beim Arbeiten mit den Ausstellungsobjekten wird eine gute Passung von Fähigkeiten und Anforderung erreicht. Nach der Flow-Theorie ist deshalb davon auszugehen, dass die Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler das Arbeiten im Naturkundemuseum weder als langweilig noch als überfordernd, sondern als motivierend empfunden hat. Ob damit auch der angenehme Zustand des Flow-Erlebens verbunden sein könnte, wird in einer Teiluntersuchung diskutiert (Krombaß, Urhahne & Harms, in Vorbereitung).

Wie erwartet, wurden für Autonomie und Kompetenz bei beiden Medientypen positive Bewertungen vergeben. Der Faktor Interesse/Vergnügen wurde bei der Tätigkeit in der Ausstellung noch etwas höher eingestuft als bei der Computertätigkeit. Dies lässt auf einen erheblichen Anteil intrinsisch motivierten Verhaltens schließen. Der extrinsisch motivierte Anteil des Verhaltens ist hier unbestimmt. Es zeigt sich jedoch, dass die Schülerinnen und Schüler innerhalb eines verpflichtenden Untersuchungsrahmens Interesse und Vergnügen

empfinden. Neuere theoretische Ansätze legen nahe, dass intrinsische und extrinsische Motivation nicht gegensätzlich, sondern integrativ zu betrachten sind (Lepper & Henderlong, 2000; Schiefele & Köller, 2001). Aus den Ergebnissen darf daher nicht geschlossen werden, dass der extrinsisch motivierte Museumsbesuch intrinsische Motivation untergräbt.

Bei freier Wahl bevorzugen viele Teilnehmer das Informationssystem zur Beantwortung der Aufgaben. Aus den Fragebogenergebnissen wird hingegen deutlich, dass das Arbeiten mit den Ausstellungsobjekten insgesamt etwas mehr Vergnügen bereitet. Offenbar entscheiden sich Schülerinnen und Schüler zweckorientiert; sie wählen das computergestützte Informationssystem als leicht handhabbares Informationsmedium gezielt aus, dies gilt insbesondere für diejenigen mit besseren Computerkenntnissen. Eine mögliche Erklärung für die abnehmende Wahl des Computers als Informationsquelle zugunsten der Ausstellungsobjekte könnte darin liegen, dass ein innovatives Medium zunächst einen gewissen Neuigkeitsbonus erhält, dieses situationale Interesse jedoch nur kurzfristig wirkt (Krapp, 2001; Issing & Klimsa, 2002). Alles in allem stellen sich beide Medienarten als motivierend heraus. Für Recherchen, wie sie Schulklassen bei Museumsbesuchen häufig durchführen, zeigt sich der Computer als geeignetes Medium. Dieser Schluss wird auch durch die Ergebnisse zur Kognition bestätigt.

Wie erwartet, findet mit beiden Medienarten ein Wissenszuwachs statt. Der direkte Vergleich, der nur bezüglich des Faktenwissens möglich war, ergibt keinen nennenswerten Unterschied zwischen Computer und Ausstellungsobjekten. Wie Metaanalysen zeigen, spielt die Art des Mediums beim Lernen nur eine untergeordnete Rolle (Clark, 2001). Die Effektstärken zeigen mittelhohe Lernerfolge, was für das Lernen im Museum als zufrieden stellend gelten kann (Wilde et al., 2003). Vom Museumslernen wird in Bezug auf kognitive Effekte im Allgemeinen wenig erwartet (Falk & Dierking, 2000). Andererseits werden die langfristigen Lerneffekte von Museumsbesuchen auch unterschätzt: Wilde et al. (2003) zeigten, dass von Schülerin-

nen und Schülern sechs Wochen nach einem Besuch im Naturkundemuseum kaum Inhalte vergessen wurden. Die besondere Umgebung erleichtert die Rekonstruktion von Wissen. Der Erlebnischarakter eines Museumsbesuchs erzeugt ein Wissen, das möglicherweise durch andere Sinneseindrücke nicht so schnell überlagert wird. Diese Interpretation wird von den Erkenntnissen zum situierten Lernen unterstützt (Brown, Collins & Duguid, 1989).

Faktenwissen wird sowohl am Computer als auch bei den Ausstellungsobjekten in höherem Maße erworben als konzeptuelles Wissen. Dies lässt sich mit Hilfe von Blooms Lerntaxonomie (Anderson & Krathwohl, 2001) erklären, nach der Faktenwissen auf einer niedrigeren Komplexitätsstufe steht als konzeptuelles Wissen und demnach leichter erworben werden kann. Konzeptuelles Wissen erfordert dagegen eine komplexere Organisation und Strukturierung von Wissens-elementen durch den Lerner. Diese bilden die Grundlage für ein tieferes Verständnis (Anderson & Krathwohl, 2001). Für das Lernen im Museum stellen Griffin und Symington (1997) die Rolle der Nachbereitung in der Schule heraus. Sie ist wichtig, um die vielfältigen Eindrücke zu verarbeiten. Erinnerungsleistung kann sich dadurch zu einem tieferen Verständnis ausbilden (Anderson & Krathwohl, 2001). Mehr als beim selbstgesteuerten Lernen im Museum kann die Lehrkraft im Unterricht Zusammenhänge zwischen biologischen Konzepten herstellen. Viele Museen bieten dazu für Schulklassen weiterführende Unterrichtsmaterialien an. Für die Computerarbeit an Schulen ist der Einsatz von Simulationen denkbar (Maierhofer, 2001).

Computerprogramme wurden bereits in vielen biologiedidaktischen Untersuchungen evaluiert, entweder in Zusammenarbeit mit Schüler- (u.a. Krüger, 2002; Pfligersdorffer, 2002; Unterbruner & Unterbruner, 2005) oder Studentengruppen (Nerdel & Prechtel, 2004). Die Wirkungen wurden aber selten unter wirklichkeitsnahen Bedingungen an außerschulischen Lernorten erfasst (siehe jedoch Unterbruner, 2004). Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass die Lernbedingungen in Feldstudien schwieriger zu kontrollieren sind als in

Klassenräumen oder Computerlaboren. In der vorliegenden Untersuchung wurden einige der Schwierigkeiten damit aufgefangen, dass das computergestützte System zur Biodiversität durch die kontrollierte Evaluationsstudie bereits bekannt war (Krombaß et al., 2003a, 2003b). Die angewandte Forschung in Museen bietet mit ihrer Methodenbreite (Rennie et al., 2003) Möglichkeiten, motivationale und kognitive Wirkungen von Computerprogrammen differenziert zu erfassen. Wir konnten zeigen, dass mit Hilfe des computergestützten Informationssystems Schülerinnen und Schülern das diesen zuvor kaum bekannte Konzept der Biodiversität nahegebracht wurde. Wir schließen daraus, dass das Informationssystem zur Biodiversität die Inhalte des Naturkundemuseums wirkungsvoll ergänzt. Weitere Studien zum computergestützten Lernen in Museen oder anderen außerschulischen Lernorten müssen zeigen, inwieweit diese ersten Ergebnisse auch auf andere Themengebiete übertragbar sind.

Literatur

- Anderson, D., Lucas, K. B. & Ginns, I. S. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting. *Journal of Research in Science Teaching* 40, 2, 177-199.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy. The exercise of control. New York: Freeman.
- Bartels, D. M. & Hein, G. E. (2003). Learning in settings other than schools. *Educational Researcher* 32, 6, 38-43.
- BMU (1997). *Umweltpolitik Agenda 21* (2. ed.). Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher* 18, 1, 32-42.
- Clark, R. E. (2001). Media are "mere vehicles": the opening argument. In R. E. Clark (Ed.), *Learning from media: arguments, analysis, and evidence* (1. ed.). Connecticut: Information Age Publishing, 1-12.
- Clark, R. E. & Feldon, D. F. (2005). Five common but questionable principles of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 97-115.
- Cox-Petersen, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, J. & Melber, L. M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching* 40, 2, 200-218.
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Das Flow-Erlebnis – Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen* (6. ed.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Csikszentmihalyi, M. & Hermanson, K. (1995). Intrinsic motivation in museums: What makes visitors want to learn? *Museum News* 74, 3, 34-37 u. 59-61.
- Csikszentmihalyi, M. & Schiefele, H. (1993). Die Qualität des Erlebens und der Prozeß des Lernens. *Zeitschrift für Pädagogik* 39, 207-221.
- deCharms, R. (1968). *Personal causation. The internal affective determinants of behavior*. New York: Academic Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (Eds.). (2002). *Handbook of self-determination research*. Rochester, NY, USA: The University of Rochester Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2003). Intrinsic Motivation Inventory (IMI). Retrieved July 31, 2003, <http://www.psych.rochester.edu/SDT/measures/intrins.html>.
- Dierking, L. D., Ellenbogen, K. & Falk, J. H. (2004). In principle, in practice: perspectives on a decade of museum learning research (1994-2004). *Science Education* 88, S1, 1-3.
- Dierking, L. D., Falk, J. H., Rennie, L. J., Anderson, D. & Ellenbogen, K. (2003). Policy statement of the „informal science education“ ad hoc committee. *Journal of Research in Science Teaching* 40, 2, 108-111.
- Falk, J. H. (1997). Testing a museum exhibition design assumption: effect of explicit labeling of exhibit clusters on visitor concept development. *Science Education* 81, 679-687.
- Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2000). *Learning from museums: visitor experiences and the making of meaning*. Lanham, MD: Rowman & Littlefield.
- Fehér, E. & Rennie, L. J. (2003). Guest Editorial. *Journal of Research in Science Teaching* 40, 2, 105-107.
- Fletcher, J. D. & Tobias, S. (2005). The multimedia principle. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 117-133.

- Griffin, J. & Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education* 81, 763-779.
- Groß, J. (2004). Lernervorstellungen und deren Veränderungen im Naturpark Lüneburger Heide. In H. Vogt, D. Krüger, D. Urhahne & U. Harms (Eds.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik – Beiträge auf der 6. Frühjahrsschule der Sektion Biologiedidaktik im VdBiol in München*. Kassel: Universitätsdruckerei, 51-64.
- Groß, J. & Gropengießer, H. (2005). Warum Blatt-schneiderameisen besser Pilzfresserameisen heißen sollten. In R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik (Vol 2)*. Innsbruck: StudienVerlag, 41-55.
- Haider, G. & Lang, B. (Eds.). (2001). *PISA Plus 2000: Nationaler Bericht (3. ed.)*. Innsbruck: Studien-Verlag.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Hein, G. E. (1998). *Learning in the museum*. London: Routledge.
- Higgins, H. H. (1884). Museums of natural history. *Transactions of the literary and philosophical society of Liverpool*, 183-221.
- Hobohm, C. (2000). *Biodiversität (1. ed.)*. Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Issing, L. J. & Klimsa, P. (Eds.). (2002). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet (3 ed.)*. Weinheim: Beltz.
- Krapp, A. (2001). Interesse. In D. H. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: BeltzPVU, 286-294.
- Krombaß, A., & Harms, U. (2005). Computergestütztes Lernen im Naturkundemuseum. In H. Bayrhuber et al. (Eds.), *Bildungsstandards Biologie*. Kassel: Verband Deutscher Biologen, 143-146.
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003a). Alters- und Geschlechtsunterschiede beim außerschulischen Lernen mit einem computergestützten Informationssystem zur Biodiversität. In A. Bauer et al. (Eds.), *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen*. Kiel: IPN, 205-208.
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003b). Lernen mit Neuen Medien: TREBIS – Entwicklung und Erprobung eines Informationssystems zum Thema Biodiversität. In H. Korn & U. Feit (Eds.), *Treffpunkt biologische Vielfalt III: Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN), 201-206.
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (in Vorbereitung). Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim computergestützten Lernen im Naturkundemuseum.
- Krüger, D. (2002). Entwicklungsorientierte Evaluation im computergestützten Gentechnikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 8, 133-150.
- Lepper, M. R. & Henderlong, J. (2000). Turning “play” into “work” and “work” into “play”: 25 years of research on intrinsic versus extrinsic motivation. In C. Sansone & J. M. Harackiewicz (Eds.), *Intrinsic and extrinsic motivation. The search for optimal motivation and performance*. San Diego: Academic Press, 257-307.
- Löwe, B. (1987). Interessenverfall im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie* 124, 62-65.
- Löwe, B. (1992). Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Maierhofer, M. (2001). *Förderung des systemischen Denkens durch computerunterstützten Biologieunterricht*. Herdecke: GCA-Verlag.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nerdel, C. & Pechtl, H. (2004). Learning complex systems with simulations in science education. In P. Gerjets, P. A. Kirschner, E. Joiner & R. Joiner (Eds.), *Instructional design for effective and enjoyable computer-supported learning: Proceedings of the first joint meeting of the EARLI SIGs “Instructional Design” and “Learning and Instruction with Computers”*. Tübingen: Knowledge Media Research Center, 160-171.
- Pfligersdorffer, G. (2002). Wie Schüler die Spielsimulation „Fish Banks“ erleben. Zwischen komplexer Dynamik und einem ökologisch sozialen Dilemma. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 8, 103-118.
- Prenzel, M., Senkbeil, M., Ehmke, T. & Bleschke, M. (Eds.). (2002). *Didaktisch optimierter Einsatz neuer Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht: Konzeption, Evaluationsinstrumente und Unterrichtsmaterialien des SEMIK-Projekts*. Kiel: Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Price, S. & Hein, G. E. (1991). More than a field trip: science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Educational Research* 13, 5, 505-519.
- Ramey-Gassert, L., Walberg, H. J. I. & Walberg, H. J. (1994). Reexamining connections: museums as science learning environments. *Science Education* 78, 345-363.

- Rennie, L. J., Feher, E., Dierking, L. D. & Falk, J. H. (2003). Toward an agenda for advancing research on science learning in out-of-school settings. *Journal of Research in Science Teaching* 40, 2, 112-120.
- Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2003). Flow-Erleben in einem Computerspiel unter experimentell variierten Bedingungen. *Zeitschrift für Psychologie* 211, 4, 161-170.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept. In F. Rheinberg & J. Stiensmeier-Pelster (Eds.), *Die Erfassung des Flow-Erlebens* (2. ed.). Göttingen: Hogrefe-Verlag, 261-279.
- Rotter, J.B. (1966). Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. *Psychological Monographs* 80, 1-28.
- Ryan, R. M. & La Guardia, J. G. (1999). Achievement motivation within a pressured society. Intrinsic and extrinsic motivations to learn and the politics of school reform. In T. C. Urdan (Ed.), *Advances in motivation and achievement. The role of context* (Vol 11). Stanford, CT: Jai Press, 45-85.
- Schiefele, U. & Köller, O. (2001). Intrinsische und extrinsische Motivation. In D. H. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Psychologie Verlags Union, Verlagsgruppe Beltz, 304-310.
- Schmid, M. (2004). *Inatura Erlebnis Naturschau Dornbirn*. Neues Museum 4, 2.
- Schmitt-Scheersoi, A. & Vogt, H. (2005). Das Naturkundemuseum als interesselördernder Lernort – Besucherstudie in einer naturkundlichen Ausstellung. In R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Vol 2). Innsbruck: StudienVerlag, 87-99.
- Schneider, K. (1996). Intrinsisch (autotelisch) motiviertes Verhalten – dargestellt an den Beispielen des Neugierverhaltens sowie verwandter Verhaltenssysteme (Spielen und leistungsmotiviertes Handeln). In J. Kuhl & H. Heckhausen (Eds.), *Motivation, Volition, Handlung*. Göttingen: Hogrefe, 119-152.
- Unterbruner, U. (2004). Abenteuer im Wald: virtuell und real. *Unterricht Biologie* 293, 15-19.
- Unterbruner, U. & Unterbruner, G. (2005). Wirkung verarbeitungsfördernder multimedialer Programmgestaltung auf den Lernprozess von 10- bis 12-jährigen. In R. Klee, A. Sandmann & H. Vogt (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Vol 2). Innsbruck, Wien, Bozen: StudienVerlag, 181-194.
- Urhahne, D., Jeschke, J., Krombaß, A. & Harms, U. (2004). Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 18, 4, 213-219.
- Urhahne, D., Prenzel, M., v. Davier, M., Senkbeil, M. & Bleschke, M. (2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 6, 157-186.
- White, R. W. (1959). Motivation reconsidered: the concept of competence. *Psychological Review* 66, 297-333.
- Wilde, M., Urhahne, D. & Klautke, S. (2003). Unterricht im Naturkundemuseum: Untersuchung über das „richtige“ Maß an Instruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 9, 125-134.
- Dr. Ute Harms ist Professorin für die Didaktik der Biologie und Direktorin des Lehrerbildungszentrums an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Ihre aktuellen Forschungsschwerpunkte sind empirische Arbeiten zum Computereinsatz im Museum, zum Einsatz metakognitiver Strategien und zur Beförderung von Bewertungskompetenz im Biologieunterricht und in der Biologielehrerbildung.
- Dipl.-Biol. Angela Krombaß ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Didaktik der Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München. Die Vermittlung des Themas Biodiversität durch den Einsatz neuer Medien steht im Mittelpunkt ihrer Dissertation.

Kontakt:

Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Biologie
Winzererstr. 45/II
D – 80797 München

E-Mail: didaktik.biologie@lrz.uni-muenchen.de

Educational Research

Acquiring knowledge about biodiversity in a museum – are worksheets effective?

Angela Krombaß¹ and Ute Harms²

¹Ludwig-Maximilians-University Munich and ²IPN – Leibniz Institute for Science Education, Germany

This study examined the effectiveness of worksheets while learning about biodiversity in a natural history museum. Despite the frequent use of worksheets by school classes during out-of-school activities, their effectiveness in enhancing knowledge acquisition has been addressed by relatively few empirical studies. 148 Austrian grammar school students aged eleven to fifteen took part in the pre- and post-test questionnaire study which included a one-hour learning phase with worksheets in the museum. Results indicate a high learning effect from pre- to post-test. Further analyses show that worksheets contributed to knowledge gain, but this contribution is similar to that afforded by prior knowledge. The design of the worksheet tasks was also important. A closed task setting required the students to look for clearly defined solutions. This led to greater knowledge gains than open worksheet tasks, where the spectrum of possible answers was wider. We concluded that worksheets can be used effectively for acquiring basic knowledge about biodiversity and suggest how to integrate the findings into the design of worksheets for out-of-school learning.

Keywords: Museum; Worksheets; Biodiversity; Informal learning; Computer

Introduction

Natural history museums, science centres and other informal learning settings, such as zoos or aquariums, are well-respected educational resources (Cox-Petersen *et al*, 2003). They are often visited by school classes to supplement curriculum topics with authentic objects and realistic surroundings. In particular, they serve as learning environments for school groups who explore the exhibits relatively independently with worksheets. In this article, we examine the effectiveness of worksheets for learning about biodiversity in a natural history museum.

Biodiversity refers in its most general sense to the variety in the living world (Begon, Harper and Townsend, 1996). It includes all genes, species and ecosystems (Wilson, 1988; Gaston, 1996). Biodiversity is a topic that is well suited for a visit to a natural history museum. Many museums show this subject using real biological objects and sometimes even live animals and plants. A detailed study of any organism's characteristics may be carried out more easily in a museum environment than in the natural world. In addition, natural history museums offer comprehensive background information which is often supplemented by interactive, computer-based learning tools.

A museum visit can be adapted to complement lessons at school (Falk and Dierking, 2000). Pupils may deepen their understanding of curriculum subjects. Museum visits also serve as a reward at the end of the school year. Students enjoy observing animals and objects, touching different materials and engaging in scientific activities (Sandifer, 2003). Large, moving or sound-emitting exhibits have been shown to attract and hold visitor attention (Boisvert and Slez, 1995; Sandifer, 2003). Besides promoting interest and motivation, museum visits also support knowledge acquisition. Falk (1997)

reports that even short interactions of two to five minutes with clusters of conceptually-related science exhibits are sufficient to acquire factual and conceptual knowledge. Additionally, the long-term recall of science content is promoted. In a study by Stevenson (1991), a large proportion of science museum visitors were still able to recall important details of an interactive exhibition six months after a visit.

Worksheets in museums

So that information from the museum is learned more accurately and remembered longer, worksheets are often handed out. The majority of teachers (Kisiel, 2003; Griffin, 2004) as well as students (Griffin, 2004) are convinced that worksheets are necessary for learning during field trips. Reading and writing activities in particular are believed to enhance learning. Worksheets also serve to structure a museum visit and can form the basis for follow-up coursework. They help to focus students' attention on certain objects (Price and Hein, 1991) and allow them to work at their own pace (McManus, 1985).

Worksheets covering different topics are provided by many museums for interested visitors and school classes of different age groups. They allow teachers to structure sessions without pre-visits or time-consuming preparation. Worksheets are often designed by teachers themselves. The aim is to expand and enrich curriculum content with illustrative material from the museum.

However, many teachers and museum educators have found that students often do not respond enthusiastically to worksheets. Filling them in can be viewed as a tiresome and obligatory chore which runs counter to the real museum experience and which should be finished as quickly as possible. Tenth-graders stated in a qualitative study by Griffin (2004, p63): "...

because you have to go around looking for the information, you haven't got time to study the things we want to see". In the literature, reservations are repeatedly expressed about the unreflective use of worksheets. The exclusive or over-extensive application of worksheets can "make the task very heavy" (McManus, 1985, p241). Griffin and Symington (1997, p764) illustrate this point with an example of a restrictive use of worksheets, when students were told that worksheets "must be complete, they count towards your assessment ... you won't have time to get distracted as we only have two hours here ... so no noise or running around, just concentrate on completing your sheets". Harrison pointed out as early as 1967 that extensive note-taking may distract from attentive observation of objects. This is particularly the case if students' notes mainly include information from labels and information panels, not from the objects themselves (Harrison, 1967). This argument is stated by other authors too (Parsons and Muhs, 1994; Price and Hein, 1991).

Guidelines for worksheet use

To make good use of worksheets in museums a number of recommendations can be taken from previous research. These relate to the structuring of the visit, the inclusion of specific objects and the ways in which students may be empowered to carry out tasks autonomously:

- *Frequency and extent.* Worksheets should be used sparingly (Price and Hein, 1991).
- *Free time.* Children should have free time to explore the exhibits according to their own interests. Teachers should not lead planned activities for the entire visit (Price and Hein, 1991).
- *Choice.* Students should be given choice among a variety of objects (Dierking, 2002; Mortensen and Smart, 2007).
- *Guidance.* Worksheets should provide an overview of the museum and offer guidance to students who are not familiar with the surroundings (Anderson and Lucas, 1997; Falk and Balling, 1982; Falk, Martin and Balling, 1978; Kubota and Olstad, 1991).
- *Social interaction and cooperation.* Working in small groups is considered an advantage for learning and motivation (Birney, 1988; Rennie and McClafferty, 1996). Group members should be allowed to choose one another (Falk and Dierking, 2000; McManus, 1985).
- *Focusing attention.* During the museum tour, students' attention should be focused on objects the teacher considers important. The connection of school lessons and museum visit should be enhanced by pre- and follow-up coursework at school (Finson and Enochs, 1987; Tunncliffe and Laterveer-de Beer, 2002; DeWitt and Osborne, 2007).

Worksheets and knowledge acquisition

Worksheets are often employed in museums; with modern computer technology, worksheets are easily constructed, copied or downloaded. However, relatively few empirical studies have tested the effectiveness of worksheets in enhancing knowledge acquisition. McManus (1985) compared groups of primary school children working with and without worksheets. She recorded the number of insect names mentioned as well as the time spent in front of the showcases. On average, pupils with worksheets mentioned 4.66 insect models during the tour, while groups without worksheets mentioned only 3.47 insects. Worksheet groups stayed on average three

minutes at an exhibit – more than four times longer than groups without worksheets. However, a large part of this additional time was spent on worksheet management and not on observing objects. Some investigations indicate positive learning effects when using worksheets during a museum visit (McManus, 1985; Price and Hein, 1991). However, specific data are only rarely provided. More detailed studies seem necessary.

Hypotheses

As a precondition, it is assumed that the worksheets are completed correctly. It is also assumed that they are neither too easy nor too difficult. The tasks should correspond to students' abilities.

Second, it is presumed that from pre- to post-test students considerably increase their knowledge on the topic of biodiversity. Numerous studies demonstrate that knowledge is gained by exploring exhibits in a museum (e.g. Falk and Dierking, 2000; Paris, 2002).

This leads to the two central issues in the investigation. (1) How effective are worksheets for learning in a natural history museum? (2) Which aspects of worksheet design contribute particularly to their effectiveness?

Many factors have been shown to influence learning in a museum. In their Contextual Model of Learning, Falk and Dierking (2000; Falk and Storksdieck, 2005) describe the personal, sociocultural and physical contexts which contribute to the quality of a museum experience and thus may facilitate learning. In this article, besides the role of the personal factor of prior knowledge we examine the physical factor of worksheet design and its contribution towards learning success. It is expected that prior knowledge on the topic of biodiversity supports further knowledge acquisition. Prior knowledge is generally recognised as an important predictor of the learning outcome (Ausubel, 1968). Present studies permit no clear prediction about the effectiveness of worksheets in enhancing knowledge acquisition. However, the majority of students and teachers believe that when museum visits take place without worksheets learning outcomes will be rather low (Griffin, 2004).

Material and methods

Sample

The study was conducted with 148 students in grades six to nine of an Austrian grammar school (*Gymnasium*). In Austria, this type of school focuses mainly on humanities education and modern languages. Students' ages ranged from 11 to 15 years ($M = 13.10$ years, $SD = 1.28$). 57.4% of the participants were girls. The investigation took place within regular biology lessons.

The natural history museum

In a tour through the natural history museum *inatura*, located in Dornbirn, Austria, visitors experience Central European ecosystems and accompanying animal and plant species (www.inatura.at). In 3,000m² of exhibition space, the visitors are introduced to the biological diversity of alpine habitats, forests, lakes and streams as well as agricultural plains and urban areas. In addition to the educational aspects, the museum also maintains a natural history collection and serves as an institution for research and public consultation. For its innovative approach, the *inatura* received the Special Prize

in the European Museum of the Year Awards in 2006.

In the museum's concept of an exhibition, a visit should be an adventure. Thus the *inatura* moves away from classical glass cabinets and dioramas. Instead, biodiversity topics are experienced through living animals and plants, as well as realistically preserved, touchable mammals, 3D-projections and room-high elements such as representations of different habitat features. Information can be gathered by observing living animals, exploring zoological preparations or reading accompanying information panels.

As an additional source of information in this museum, a computer-based information system on the topic of biodiversity was developed by the authors, the *inatura* and the software company Biogis Consulting Ltd. As a supplement to the exhibits, it offers detailed species portraits, distribution maps and habitat information on Austrian fauna and flora. The information system also provides an insight into global contexts. It shows the main aspects of the worldwide diversity of species and ecosystems, basic ecological interactions and causes of threats to biodiversity. Additionally, it demonstrates the importance of biological diversity for humanity and highlights the opportunities that exist to promote sustainability. For this purpose, short texts are combined with large-size photos, drawings, animations and films. A search function with a glossary helps in answering specific questions. The biodiversity information system is available on 16 personal computers within the different exhibition areas. The computer programme's user-friendliness and visitors' interest in the contents were outlined in a preceding study (Urhahne, Jeschke, Krombaß and Harms, 2004).

Test instruments

The worksheets contained 14 tasks with both open and closed question format. Six of the tasks could be solved by referring to the exhibits, five using the computer-based information system. For three of the tasks students could choose the exhibits or the computer as the information medium. With the help of the exhibits the children researched, for example, the lifestyles of different native mammals or looked for reasons why certain animals have become extinct. Using the computer they had to find out how many animal and plant species live worldwide and determine causes for the survival threats. To learn more about the lifestyle and supposed aggressive nature of hornets, the participants chose between the species database of the computer and a presentation board next to a glass vivarium containing live hornets and their nest.

Multiple-choice tests before and after the museum tour measured the extent to which knowledge had been acquired. The necessary information was obtained by solving worksheet tasks. The same test was used for both pre- and post-tests. The sequence of test questions had been randomised though (www.random.org). Corresponding to worksheet tasks, the knowledge test consisted of 14 items. A maximum of two points could be achieved per item. The worksheets were developed by the authors and tested in advance in cooperation with the museum scientists and local teachers. Examples of worksheet tasks and corresponding pre-/post-test questions are shown in Figures 1 and 2.

Procedure

Before the museum visit, students answered a 20-minute pre-test questionnaire in their school classrooms. School

classes were then accompanied to the nearby museum where each participant received a copy of the worksheets on a clipboard. During the one-hour learning phase, students worked on these sheets in self-selected pairs. After a loudspeaker announcement they returned to the foyer of the museum. Each student then answered a 15-minute post-test questionnaire. The biology teacher and the test conductor were present to supervise.

Implementing the guidelines for worksheet use

The field study was designed to reproduce a typical class visit to a natural history museum. Similar visits are carried out by schools in the area. In particular the following recommendations on museum research were implemented:

- **Free time.** A typical school class visit to the *inatura* lasts between two and three hours. Price and Hein (1991) believe a two-hour tour to be optimum. Hence, the worksheet treatment phase was limited to one hour (which allows time for free exploration in normal circumstances).
- **Choice.** For several worksheet tasks students could choose which museum objects they consulted when researching their answer. For three tasks they had a choice between museum exhibits or the computer programme as the information source.
- **Guidance.** Worksheets were designed to guide the students through the exhibition.
- **Social interaction and cooperation.** Each student chose a classmate with whom he or she worked on the worksheets.
- **Focusing attention.** Worksheets included search tips for finding museum objects or the content of the computer program. For preparation and follow-up work at school, the museum has developed teaching materials on the subject of biodiversity.

Results

The first assessment was to determine whether the worksheet design matched students' abilities. 147 of the 148 students filled in the worksheets completely or almost completely. The range of correct solutions for worksheet tasks was between 62% and 93% (Table 1), resulting in an average of 78%. About 70% of the students judged task demands as 'just right'. No significant differences were detected between

Table 1. Descriptive statistics of tasks shown as mean percentages of correctly solved items

task topic	M	SD
mammals in Austria	0.93	0.25
reasons for extinctions	0.87	0.26
comparison beaver/otter	0.85	0.28
otter fur insulation	0.69	0.46
beaver ecology	0.84	0.31
definition biodiversity	0.74	0.37
biodiversity ethics	0.72	0.36
global threats to biodiversity	0.87	0.29
species richness	0.88	0.33
mammals worldwide	0.87	0.34
unknown species	0.67	0.47
birds in Austria	0.62	0.32
hornet characteristics	0.79	0.34
hornet aggression	0.65	0.40

tasks carried out using the computer or the exhibits. In summary, the results indicate that worksheets matched students' abilities appropriately.

The second assessment concerned the results of the knowledge tests. Test scores rose significantly ($t_{147} = 12.36, p < 0.001$) from pre-test ($M = 0.90, SD = 0.24$) to post-test ($M = 1.22, SD = 0.35$). A standardised procedure for calculating the effect size was used to estimate the magnitude of learning gains. The effect size $d = 1.03$ suggests a high learning effect (Cohen, 1988).

This leads to the main focus of this investigation on museum learning: the effectiveness of using worksheets. To what extent can knowledge acquisition between pre- and post-test be explained by solving worksheet tasks? To answer this question a multiple linear regression was performed. The coefficient of determination R^2 shows the variance in post-test scores explained by prior knowledge and worksheet use (Table 2). For most tasks, a clear relation exists between prior knowledge and post-test scores which becomes evident by significant regression coefficients β (Table 2). As expected, prior knowledge contributes substantially to learning success. In addition, use of worksheets accounts for knowledge acquisition. On average, worksheet tasks (mean $\beta = 0.24$) and prior knowledge (mean $\beta = 0.26$) contribute to a similar degree to learning outcomes.

A detailed analysis of the worksheet tasks points to the importance of the question format. Table 2 introduces a differentiation between a closed and an open task setting. One task was not classified because it could not clearly be assigned to either one of the two formats. Closed worksheet tasks require clearly defined solutions. The knowledge test demands quite similar answers (see Figure 1). On open tasks, students chose which of several possible solutions they would note down from the exhibits or computer pages. Hence, the corresponding items in the knowledge test offer only a fraction of a whole spectrum of correct answers (see Figure 2).

Concerning the closed task format, each task contributes to the learning success in the knowledge test (Table 2). Concerning the open task format, the learning success can hardly be traced back to worksheets: only in two of six cases the regression coefficient becomes significant at an α -level of 0.05.

For both task settings, it made no difference whether tasks were solved with the help of the exhibits or the computer.

With both task settings, students improved in the knowledge test: closed task formats led to an average increase in knowledge from 0.76 to 1.27 points ($t_{137} = 14.34, p < 0.001, d = 1.39$). Open task formats resulted in an increase from 1.09 to 1.23 points ($t_{138} = 5.19, p < 0.001, d = 0.51$).

The open task format was no more difficult than the closed task format. This is suggested by the high solution probability of all worksheet tasks (see Table 1). Also no higher prior knowledge is required. This is indicated by comparable average β weights in the regression analyses (see Table 2). With closed task settings (mean $\beta = 0.23$) prior knowledge explains the learning results in a similar way as with open task settings (mean $\beta = 0.29$).

To exclude other possible influences for learning gains, a number of control variables were tested by regression analysis: sociodemographic variables, school grades and interest in the subject of biology or the topic of biodiversity. The influence of exhibit pieces (e.g. live animals, zoological objects or models) was also tested. None of these factors proved to be significant.

Discussion

In this study, the effectiveness of worksheets for knowledge acquisition in a natural history museum was examined. It can be concluded that worksheets were effective for learning about biodiversity. However, prior knowledge and the task design played an important role. Prior knowledge contributed to success in knowledge acquisition approximately as much as the worksheets did. A closed task format resulted in greater advances in learning than an open task format.

Worksheets are often filled in either incompletely or carelessly (Parsons and Muhs, 1984). Hence, an appropriate design of worksheets seemed particularly important. The tasks should be interesting and challenging but not overly difficult or extensive. The reliable, and mainly correct, completion of the worksheets and students' positive judgements about the degree of difficulty in our study indicated their appropriateness.

On a one-hour museum tour, students learned about biodiversity. As expected, learning was positively influenced by

Table 2. Multiple linear regression for post-test scores as the dependent variable

<i>task topic</i>	<i>prior knowledge</i>	<i>worksheet (β)</i>	<i>R²</i>	<i>task format</i>
mammals in Austria	0.34***	0.06	0.12***	open
reasons for extinctions	0.32**	0.26*	0.12***	open
comparison beaver/otter	0.45***	0.26***	0.28***	closed
otter fur insulation	0.17*	0.33***	0.12***	closed
beaver ecology	0.17	0.03	0.03	open
definition biodiversity	0.31***	0.23**	0.16***	closed
biodiversity ethics	0.26**	0.09	0.08**	open
global threats to biodiversity	0.33***	0.15	0.11***	open
species richness	0.08	0.18*	0.04	closed
mammals worldwide	0.29***	0.10	0.09**	not classified
unknown species	0.11	0.52***	0.29***	closed
birds in Austria	0.32***	0.18*	0.15***	open
hornet characteristics	0.25***	0.57***	0.40***	closed
hornet aggression	0.26***	0.45***	0.30***	closed

Notes. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$; $139 \leq N \leq 145$; β : regression weight; R^2 : coefficient of determination.

<i>Worksheet task</i> Look up on the computer what the term 'biodiversity' means. Tip: Find the page under <i>Contents</i>! What is biodiversity?	<i>Test question</i> Biodiversity is the variety of life on earth. It consists of ... A Animals, plants and microorganisms. B Ecosystems, species and genes. C Rain forests, coral reefs and national parks. D Forests, waters and mountains.
What do you know about hornets? Tip: Find more information on the board next to the live hornets or type 'hornet' into the search function of the computer. a. Of which material are the hornet combs built? b. What do hornets feed their brood? c. How long does a hornet population live?	Which of the following statements is correct with regard to hornets? A A population lives one year. B A population lives several years. C They feed their larvae insects. D They build their nests with wax. E They feed plant their larvae nectar. F They build their nest with paper.

Figure 1. Examples of closed task format and corresponding pre-/post-test questions. Note: Correct answers are printed in bold.

prior knowledge. For optimal results neither too much nor too little should be known of the subject area or the physical environment. Museum experts suggest the novelty of the setting or topic should be limited according to student age and experiences (Anderson and Lucas, 1997; Kubota and Olstad, 1991; Rice and Feher, 1987; Smith, McLaughlin and Tunnicliffe, 1998). Starting from basic questions about wildlife in Austria, the tasks therefore proceeded to more far-ranging and unfamiliar topics of local and global biodiversity.

In summary, this approach demonstrates a successful application of worksheets. Differences in cognitive gains could not be attributed to different degrees of difficulty of the worksheet tasks. The possible influence of other factors such as the

exhibit or media type was also ruled out. What other factors determine whether a worksheet will be successful?

Worksheets were particularly effective with a closed format (see also Wilde and Urhahne, 2008). This finding could be taken into consideration when future worksheets are being designed. If the teacher intends to introduce a certain topic with a museum visit and wants to be sure that certain facts and concepts are learnt by a majority of students, results indicate that tasks should be focused exactly towards the learning goals. To introduce the children to the complex topic of biodiversity, short purposeful tasks were appropriate. Existing knowledge about native species was linked with new information, e.g. about specific characteristics or habitat preferences.

Figure 2. Examples of open task format and corresponding pre-/post-test questions. Note: Correct answers are printed in bold.

<i>Worksheet task</i> Go now to the gallery above the entrance hall. In the gallery you see animals which lived 10,000 years ago in Vorarlberg and are now extinct. Select four of these animal species and arrange the names according to the animals' sizes! Smallest animal _____ _____ _____ Largest animal _____ _____	<i>Test question</i> Which of these animals have become extinct in Vorarlberg? A Wolf B Otter C Harvest mouse D Beaver E Alpine ibex F Grass snake
Name two major reasons why the diversity of species is threatened worldwide! Tip: Look it up on the computer using <i>Contents</i>! What threatens species diversity? 1. _____ 2. _____	What poses no threat to the worldwide diversity of species? A Destruction of habitats B Climate change C Growth of the world population D Reintroduction of carnivores E Nutrient poverty of the oceans F Introduction of foreign species

Price and Hein (1991) state that it may be important for the learning process to explore exhibits in the museum first and then explain the more complicated terms in subsequent lessons. Gained impressions and ideas, learned facts and concepts should be consolidated and further connected during course work at school (Finson and Enochs, 1987; Gilbert and Priest, 1997).

Knowledge is also acquired within an open task setting although the learning effect cannot be traced back directly to worksheets. Should open questions therefore be excluded from worksheets? We do not think so. Museum experts point out that more is usually learnt by museum visits than can be proven by knowledge tests (Falk and Dierking, 2000; Hein, 1998). If, for example, the lifestyles of wolves, otters or beavers are being researched, students are not just familiarised with facts and concepts pertaining to these animal species. They may also gain a better awareness of the animals' physical size or the texture of their fur or skin. If live animals are shown, as hornets are in the *inatura*, for example, students learn how they move, smell and sound. Learning in museums takes place at many levels; besides the cognitive level, motivational and affective components are also integrated. The totality of experiences cannot be assessed by a knowledge test.

In addition, pre-experiences concerning the subject of biodiversity become important. Students experience biological diversity every day, but in different ways, depending partly on their life circumstances, leisure interests, ages or gender. The question "How is biodiversity used by humans?" will therefore provoke a variety of possible responses. Tests which demand certain solutions do not meet the whole spectrum of correct answers. Open tasks can foster independent thinking. They invite participants to search for their own solutions (DeWitt and Osborne, 2007). Themes and questions brought up during this constructivist process (Roschelle, 1995) are particularly appropriate as a basis for discussion during the museum visit and in school lessons and thus deepen the understanding of the museum contents (Price and Hein, 1991). In summary, it can be said that open form worksheet tasks can also be effective. However, the open setting is hardly appropriate if the teacher assumes that pupils have become familiar with specific museum contents by the end of the visit.

In this study one issue has remained open. That is the question of how much would have been learned without using worksheets at all. Research suggests that groups of schoolchildren should not be sent through a museum without clearly defined tasks and instructions. Both extremes – a completely free exploration and a strictly controlled guided tour – have turned out to be rather ineffective (Bitgood, 1989; Cox-Petersen *et al*, 2003). Further studies should rather be aimed at researching different instructional techniques. Introductory guides (Ausubel, 1968; Falk and Dierking, 2000; Screven, 1986) assist in structuring museum visits. They inform visitors about the position and the topics of the showrooms. In addition, they may offer introductory explanations to certain exhibits.

To enhance the effectiveness of informal learning sessions, research into well-used but comparatively little-explored approaches (such as the use of worksheets) should be continued. At the same time, however, new educational support resources which facilitate educational museum visits should be developed and evaluated. It is conceivable, for example, that handheld computer devices could supply small groups of

students with object-specific information (Hsi, 2003). Combining conventional and new approaches, the progress which has been achieved concerning museum equipment and design during the last years could also be applied to museum education.

References

- Anderson D and Lucas K B (1997) Effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior to visitation. *Research in Science Education*, 27(4), 485-495.
- Ausubel D P (1968) *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Begon M, Harper J L and Townsend C R (1996) *Ecology: Individuals, populations and communities* (3 ed) Oxford: Blackwell Science.
- Birney B (1988) Criteria for successful museum and zoo visits: Children offer guidance. *Curator*, 31(4), 292-316.
- Bitgood S (1989) School field trips: An overview. *Visitor Behavior*, 4(2), 3-6.
- Boisvert D L and Slez B J (1995) The relationship between exhibit characteristics and learning-associated behaviors in a science museum discovery space. *Science Education*, 79(5), 503-518.
- Cohen J (1988) *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2 ed) Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Cox-Petersen A M, Marsh D D, Kisiel J and Melber L M (2003) Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 200-218.
- DeWitt J and Osborne J (2007) Supporting teachers on science-focused school trips: Toward an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29(6), 685-710.
- Dierking L D (2002) The role of context in children's learning from objects and experiences. In: *Perspectives on object-centered learning in museums*, ed. Paris S G pp 3-18. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Falk J H (1997) Testing a museum exhibition design assumption: The effect of explicit labeling of exhibit clusters on visitor concept development. *Science Education*, 81(6), 679-688.
- Falk J H and Balling J D (1982) The field trip milieu: learning and behavior as a function of contextual events. *Journal of Educational Research*, 76(1), 22-28.
- Falk J H and Dierking L D (2000) *Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning*. Lanham, MD: Rowman and Littlefield.
- Falk J H, Martin W W and Balling, J D (1978) The novel field trip phenomenon: Adjustment to novel settings interferes with task learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(2), 127-134.
- Falk J H and Storksdieck M (2005) Using the contextual model of learning to understand visitor learning from a science center exhibition. *Science Education*, 89(5), 744-778.
- Finson K D and Enochs L G (1987) Student attitudes toward science-technology-society resulting from a visit to a science-technology museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(7), 593-609.
- Gaston K J (1996) *Biodiversity: A biology of numbers and difference*. Oxford: Blackwell Science.
- Gilbert J and Priest M (1997) Models and discourse: A primary school science class visit to a museum. *Science Education*, 81(6), 749-762.
- Griffin J (2004) Research on students and museums: looking more closely at the students in school groups. *Science Education*, 88(1), 59-70.
- Griffin J and Symington D (1997) Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81(6), 763-779.
- Harrison M (1967) *Changing museums: Their use and misuse*. London: Longmans.
- Hein G E (1998) *Learning in the museum*. London: Routledge.
- Hsi S (2003) A study of user experiences mediated by nomadic web content in a museum. *Journal of Computer Assisted*

- Learning*, 19(3), 308-319.
- Kisiel J F (2003) Teachers, museums and worksheets: A close look at a learning experience. *Journal of Science Teacher Education*, 14(1), 3-21.
- Kubota C A and Olstad R G (1991) Effects of novelty-reducing preparation on exploratory behavior and cognitive learning in a science museum setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(3), 225-234.
- McManus P (1985) Worksheet-induced behaviour in the British Museum. *Journal of Biological Education*, 19(3), 237-242.
- Mortensen M and Smart K (2007) Free-choice worksheets increase students' exposure to curriculum during museum visits. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9), 1389-1414.
- Paris S G (2002) (ed.) *Perspectives on object-centered learning in museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Parsons C and Muhs K (1994) Field trips and parent chaperones: A study of self-guided school groups at the Monterey Bay Aquarium. *Visitor Studies: Theory, Research and Practice*, 7(1), 57-61.
- Price S and Hein G E (1991) More than a field trip: Science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education*, 13(5), 505-519.
- Rennie L J and McClafferty T P (1996) Using visits to interactive science and technology centers, museums, aquaria and zoos to promote learning in science. *Journal of Science Teacher Education*, 6(4), 175-185.
- Rice K and Feher E (1987) Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 71(4), 629-639.
- Roschelle J (1995) Learning in interactive environments: Prior knowledge and new experience. In: *Public institutions for personal learning: Establishing a research agenda*, eds. Falk J H and Dierking L D pp 37-52. Washington, DC: American Association of Museums.
- Sandifer C (2003) Technological novelty and open-endedness: Two characteristics of interactive exhibits that contribute to the holding of visitor attention in a science museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 121-137.
- Screven C G (1986) Exhibitions and information centers: Some principles and approaches. *Curator*, 29(2), 109-137.
- Smith W S, McLaughlin E and Tunnicliffe S D (1998) Effect on primary level students of inservice teacher education in an informal science setting. *Journal of Science Teacher Education*, 9(2), 123-142.
- Stevenson J (1991) The long-term impact of interactive exhibits. *International Journal of Science Education*, 13(5), 521-532.
- Tunnicliffe S D and Laterveer-de Beer M (2002) An interactive exhibition about animal skeletons: Did the visitors learn any zoology? *Journal of Biological Education*, 36(3), 130-134.
- Urhahne D, Jeschke J, Krombaß A and Harms U (2004) Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten [The validation of questionnaire data on interest in animals and plants with log files]. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie [German Journal of Educational Psychology]*, 18(4), 213-219.
- Wilde M and Urhahne D (2008) Museum learning: A study on motivation and learning achievement. *Journal of Biological Education*, 42(2), 78-83.
- Wilson E O (1988) *Biodiversity*. Washington, DC: National Academy Press.

Ute Harms (corresponding author) is Professor in the Department of Biological Education, IPN – Leibniz Institute for Science Education at the University of Kiel, Olshausenstraße 62, D-24098 Kiel, Germany. Email: harms@ipn.uni-kiel.de. Angela Krombaß completed her doctoral dissertation and worked as a researcher at the University of Munich, Department of Biology Education. She now teaches biology and chemistry at a German secondary school. Email: angelakrombass@web.de

Calling all Schools and Colleges...

It's not easy to stay up-to-date. Both biology and educational research are rapidly developing fields. Time is precious – making it important to read the right journals. Now you can provide all your biology teachers with their essential reading in one move.

Journal of Biological Education

The *Journal of Biological Education* brings you the latest developments in biology education – accompanied by straight-forward, practical applications and accessible reviews. *JBE* is fully peer-reviewed and includes educational theory, pedagogical research, reviews, practical biology-related exercises, and news items. Results can be easily understood and applied in the classroom.

Biologist

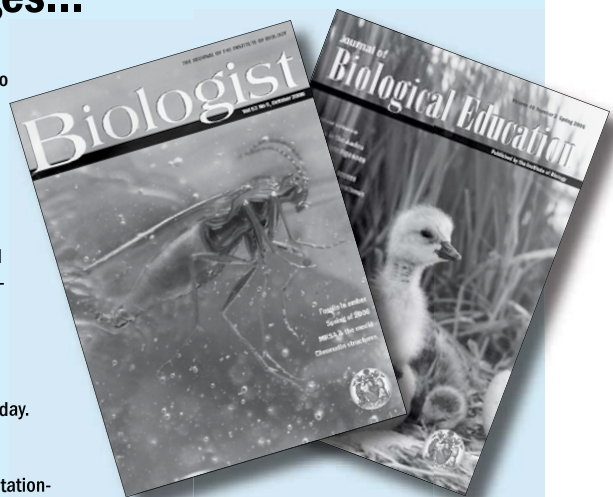
Biologist carries the full richness and diversity that is biological research today. Science is brought to life with stimulating and authoritative review articles while topical pieces discuss science policy, new developments or controversial issues. *Biologist* is fully peer-reviewed and citation-listed; it is also colourful, well-written and packed with fascinating details from all the life sciences – making it ideal for educators at all levels.

Join the scheme today...

...and you will immediately start to receive *Biologist*, with four issues per year, and the *JBE*, with four issues per year. In addition, you will be entitled to discounts on other Institute publications, such as *Biological Nomenclature* and the *Studies in Biology* book series. Add to this access to the Institute's educational support and you have a package that's not to be missed.

UK school rate – £75.00 Overseas School rate – £105.00

To sign up today, email jbe@iob.org



**INSTITUTE
OF BIOLOGY**

ANGELA KROMBASS, DETLEF URHAHNE & UTE HARMS

Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit Computern und Ausstellungsobjekten in einem Naturkundemuseum

Students' Flow Experiences while Learning with Computers and Exhibits in a Natural History Museum

Zusammenfassung

In dieser Studie wurde das Flow-Erleben im Naturkundemuseum untersucht. Nach dem Quadrantenmodell der Flow-Theorie wurde erwartet, dass bei überdurchschnittlicher Ausprägung von Anforderung und Fähigkeit Flow auftritt. 148 Schülerinnen und Schüler erhielten in einem Naturkundemuseum Aufgaben zum Thema biologische Vielfalt, die sie mithilfe eines computergestützten Informationssystems oder durch Ausstellungsobjekte lösten. Während des Museumsbesuchs wurde Flow-Erleben gemessen und im Anschluss ergänzend die Motivation nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan erfasst. Flow-Erleben und Selbstbestimmtheit wurden von den Schülerinnen und Schülern als hoch eingeschätzt. Waren Anforderung und Fähigkeit überdurchschnittlich ausgeprägt, wurden bei der Auseinandersetzung mit den Ausstellungsobjekten hypothesenkonform besonders hohe Flow- und Selbstbestimmtheitswerte erzielt. Für den Computer ließ sich ein solcher Zusammenhang nicht zeigen.

Schlüsselwörter: Flow, Selbstbestimmungstheorie, intrinsische Motivation, Museum, Computer

Abstract

This study examined students' flow experiences in a natural history museum. According to the quadrant model of flow theory, flow experiences are expected if levels of demands and skills are perceived as high. 148 students received tasks on the topic of biodiversity. The tasks were solved in the natural history museum by using a computer-assisted information system or the exhibits. Flow experience was measured during the museum visit. Additionally, motivation according to Deci and Ryan's self-determination theory was measured after the visit. Flow as well as self-determination scales received high ratings. As expected, relatively high flow and self-determination values were achieved at the exhibition objects when demands and skills were above average. For the computer this relation cannot be shown.

Keywords: flow, self-determination theory, intrinsic motivation, museum, computer

1 Einleitung

Moderne Naturkundemuseen spielen eine wichtige Rolle in der Natur- und Umweltbildung. Sie sind für Schulklassen ein attraktiver Lernort. Informationen über die biologische Vielfalt der Erde werden auf interaktive und unterhaltende Weise präsentiert. Besucher können in Ausstellungen detailliert Merkmale von Tieren und Pflanzen erkunden, die in der Natur schwer zu beobachten sind; sie erfahren Wissenswerte über verschiedene Ökosysteme

und deren Bedeutung für den Menschen. Diese Lernerfahrungen stehen stärker als das schulische Lernen unter dem Einfluss der intrinsischen Motivation und den Interessen der Lernenden. Das Lernen zu naturwissenschaftlichen Inhalten wird als selbstinitiiert, freiwillig, unterhaltsam und spannend erlebt (Dierking, Falk, Rennie, Anderson & Ellenbogen, 2003). Im besten Fall gehen die Schülerinnen und Schüler völlig in der Auseinandersetzung mit den Museumsexponaten auf. Sie fühlen sich

optimal beansprucht und haben Freude am Lernen. Mihaly Csikszentmihalyi (1985) bezeichnet diesen Zustand des völligen Aufgehens in einer Tätigkeit als Flow-Erleben. Csikszentmihalyi und Hermanson (1995) und viele Museumsfachleute (Schäfer, 2006; Ameln-Haffke & Schuster, 2006; Allen, 2004; Sandifer, 2003; Falk & Dierking, 2000) halten Flow-Erleben im Museum für wahrscheinlich. Außerdem schreiben sie diesem Zustand intrinsischer Motivation eine lernförderliche Wirkung zu. Allerdings liegen zu diesen Annahmen noch keine empirischen Befunde vor. Deshalb wollten wir mit einer Forschungsstudie im Naturkundemuseum untersuchen, inwieweit Schülerinnen und Schüler Anzeichen für Flow-Erlebnisse zeigen, wenn sie sich mit den Ausstellungsobjekten und einem multimedialen Informationssystem zum Thema Biodiversität befassen. Flow-Erleben könnte dazu beitragen, dass Besucher sich lange, intensiv und zielgerichtet mit den Museumsobjekten beschäftigen und somit ihr Interesse und Wissen hinsichtlich naturkundlicher und ökologischer Themen stärken. Dies entspricht auch den Forderungen des Internationalen Übereinkommens zur Erhaltung der Biologischen Vielfalt (BMU, 1997). Es regt dazu an, Kindern und Jugendlichen die Biodiversität von Tieren, Pflanzen und Lebensräumen zu vermitteln, um sie auf künftige Entscheidungsprozesse vorzubereiten.

2 Theorie

2.1 Die Flow-Theorie

Flow-Erleben nach Csikszentmihalyi (1985; Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1991a) ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet: (a) dem Vorhandensein klarer Ziele, (b) der klaren, sofortigen und eindeutigen Rückmeldung über die Ergebnisse des eigenen Handelns, (c) dem Verschmelzen von Handlung und Bewusstsein, (d) der Zentrierung der Aufmerksamkeit auf ein begrenztes Reizfeld unter Ausblendung aller störenden Gedanken, (e) dem Gefühl der Kontrolle über die eigenen Handlungen und der unmittelbaren Um-

gebung, (f) der Abwesenheit von Misserfolgsbefürchtungen, (g) dem Verlust von Gedanken an das eigene Ich und (h) der Beeinträchtigung des Zeiterlebens (Waterman, Schwartz, Goldbacher, Green, Miller & Philip, 2003). Frühe Studien zum Flow-Erlebnis lassen vermuten, dass die wesentliche Voraussetzung für das Erleben von Flow ein Gleichgewicht zwischen den Anforderungen einer Aufgabe und den aufgabenspezifischen Fähigkeiten der Person ist (Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1991b; Csikszentmihalyi & Schiefele, 1993). Übertrifft das Anforderungsniveau der Aufgabe das Fähigkeitsniveau der Person, reagiert diese ängstlich. Liegen die Anforderungen der Aufgabe dagegen unter den eigenen Fähigkeiten, tritt bei der Person statt eines intensiven Flow-Erlebnisses Langeweile auf. Csikszentmihalyi (1985) stellt diesen Zusammenhang in Form eines Diagonalenmodells dar (s. Abbildung 1).

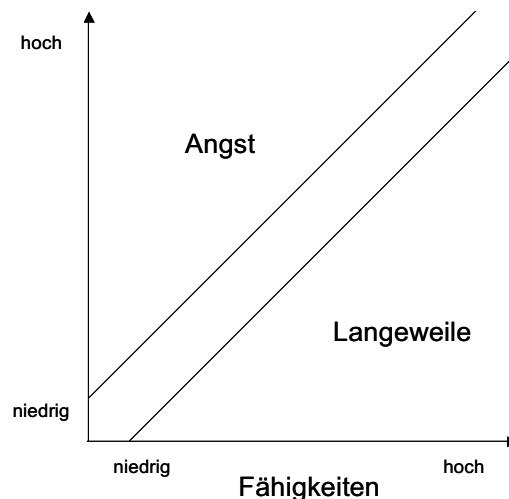


Abb. 1: Diagonalenmodell zum Flow-Erleben (nach Csikszentmihalyi, 1985, 77)

Allerdings stellte Csikszentmihalyi bei der Auswertung von Selbstberichten fest, dass das Flow-Erleben von Personen, die sich im Gleichgewicht von Anforderung und Fähigkeit befanden, häufig nicht intensiver ausgeprägt war als bei einem Ungleichgewicht von Anforderung und Fähigkeit. Lediglich der Wunsch, zu diesem Zeitpunkt etwas anderes zu tun, war geringer ausgeprägt (Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1991b). Massimini und Carli (1991; Massimini, Csikszentmihalyi & Carli, 1987) revidierten daraufhin die ursprüngliche Modellvorstellung hin zu einem Quadrantenmodell. Die vier Quadranten in Abbildung 2 werden durch jeweils über- und unterdurchschnittliche Ausprägungen von Anforderungen und Fähigkeiten festgelegt. Flow als Zustand optimalen Erlebens setzt nach dieser Modellvorstellung nur ein, wenn Anforderungen der Aufgabe und aufgabenspezifische Fähigkeiten überdurchschnittlich ausgeprägt sind und sich zudem im Gleichgewicht befinden. Sind bei überdurchschnittlichen Fähigkeiten die Anforderungen der Aufgabe gering, ergibt sich Langeweile. Sind bei unterdurchschnittlichen Fähigkeiten die Anforderungen der Aufgabe hoch, wird Angst erlebt. Sind Fähigkeiten und Anforderungen unterdurchschnittlich ausgeprägt, entsteht Teilnahmslosigkeit.

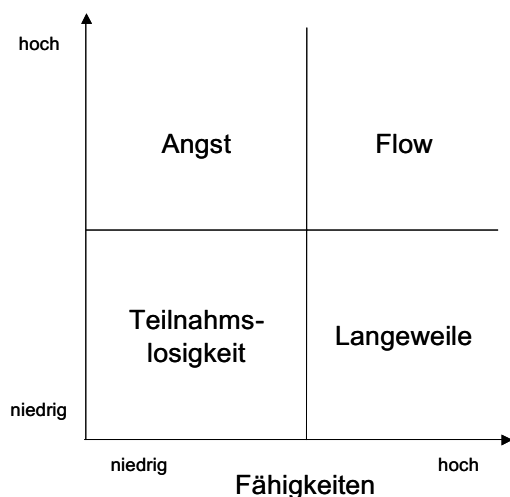


Abb. 2: Quadrantenmodell zum Flow-Erleben (nach Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1991b, 286)

Rheinberg (2005; Rheinberg, Vollmeyer & Engeser, 2003) kritisiert in Bezug auf die unterschiedlichen Modellvorstellungen, dass Csikszentmihalyi in seinen Erhebungen nicht die Anforderung, sondern die erlebte Herausforderung gemessen hat. Als herausfordernd kann nach der Leistungsmotivationstheorie (Atkinson, 1957) eine Aufgabe dann empfunden werden, wenn die gestellten Anforderungen zu den eigenen Fähigkeiten passen. Von daher bleibt unklar, was ein nochmaliges In-Beziehung-Setzen von Anforderung und Fähigkeit bewirkt. Diese definitorische Unschärfe wirkt bei der Erforschung des Flow-Phänomens hinderlich. In dieser Veröffentlichung wird der Begriff „Anforderung“ dem Begriff „Herausforderung“ vorgezogen. Das Erleben von Flow sollte der Theorie entsprechend mit besseren Lernleistungen von Schülerinnen und Schülern einhergehen (Wild, Hofer & Pekrun, 2006; Rheinberg, 2005). Allerdings wird dieser Zusammenhang auch von Faktoren wie Begabung oder Vorkenntnissen beeinflusst (Engeser, Rheinberg, Vollmeyer & Bischoff, 2005). Durch die Vielzahl möglicher Einflüsse lässt sich die positive Wirkung des Flow-Erlebens für das schulische und außerschulische Lernen daher nur schwer aufklären.

2.2 Flow-Erleben im Museum und am Computer

Flow kann in ganz unterschiedlichen Situationen auftreten. Dementsprechend breit gestreut sind die Untersuchungen zu Flow-Erleben im Alltag (Pfister, 2002), bei der Arbeit (Csikszentmihalyi, 2004), beim Sport (Csikszentmihalyi & Jackson, 2000; Rheinberg, 1996) und in der Freizeit (Schallberger & Pfister, 2001; Rheinberg & Trapp, 2006). Im Folgenden wird näher auf das Flow-Erleben im Museum und am Computer eingegangen.

Flow-Erleben im Museum wird nach Meinung von Csikszentmihalyi und Hermanson (1995) durch die Neugier und das Interesse der Museumsbesucher angeregt. Dazu sind interaktive Ausstellungsstücke, Bildschirme mit hell leuchtenden Farben und große Ob-

jekte besonders geeignet. Damit sich aus dem anfänglichen Interesse jedoch eine längere Beschäftigung mit den Ausstellungsobjekten und Flow-Erleben entwickelt, müssen zusätzliche Bedingungen erfüllt sein. Flow erzeugende Aktivitäten benötigen klare Ziele, unmissverständliche Rückmeldungen und eine Passung von Anforderung und Fähigkeit.

Im Museum sind die Besucher oft auf sich gestellt und wissen nicht genau, was sie alles erkunden und entdecken können. Deshalb empfehlen Csikszentmihalyi und Herman (1995) überschaubare Ziele vorzugeben: „Helping visitors set manageable goals, both for the entire visit and for each stop at an exhibit, is one way to make the experience more enjoyable.“ (Csikszentmihalyi & Herman, 1995, 59). Insbesondere der sorgsame Gebrauch von Arbeitsblättern hat sich als effektive Strukturierungshilfe für das Lernen in Museen erwiesen (McManus, 1985; Price & Hein, 1991). Er soll auch in unserer Studie als Mittel dienen, Schülerinnen und Schülern klare Ziele an die Hand zu geben. Die Bedeutung der Flow-Theorie für das Erleben und Verhalten von Museumsbesuchern wird in zahlreichen Fachpublikationen angeführt (u.a. Falk & Dierking, 2000; Sandifer, 2003; Allen, 2004; Schäfer, 2006). Auch von Museumsdirektoren, -kuratoren und -pädagogen wird Flow als eine wichtige Erfahrungskomponente bei Museumsbesuchen anerkannt (Csikszentmihalyi & Robinson, 1990). Empirische Untersuchungen zum Flow-Erleben während eines Museumsbesuchs wurden jedoch noch nicht durchgeführt. Insbesondere zur Erfassung motivationaler Prozesse und Wirkungen fehlen systematische Museumsstudien auf fachdidaktischer und pädagogisch-psychologischer Ebene (Lewalter & Geyer, 2005).

Flow-Erleben am Computer ist hingegen in empirischen Studien bereits relativ häufig untersucht worden. In einer Studie zum computergestützten Wissenserwerb erfassten Vollmeyer und Rheinberg (1998) die flow-typische, als anstrengungsfrei empfundene Konzentration über ein wiederkehrendes Einzelitem. Eine Skala zum Flow-Erleben (Rhein-

berg, Vollmeyer & Engeser, 2003) wurde erst in einer späteren Studie eingesetzt. Hierbei variierten Rheinberg und Vollmeyer (2003) die Auslösebedingung für das Flow-Erleben durch unterschiedliche Schwierigkeitsstufen des Computerspiels *Roboguard*. Sie konnten zeigen, dass die Flow-Werte beim Computerspielen mit dem ursprünglichen Modell zur Flow-Theorie (s. Abbildung 1) in Einklang stehen. In einer Replikationsstudie modifizierten Schiefele und Roussakis (2006) *Roboguard* so, dass die leichteste und schwierigste Spielstufe weniger extrem waren. Sie fanden, dass nicht bei leichter, aber bei optimaler und auch schwerer Stufe hohe Flow-Werte auftraten. Der Versuch, das Flow-Erleben durch unterschiedliche Schwierigkeitsgrade des Computerspiels *Tetris* zu verändern, war zuvor in einer Studie von Remy (2000) nicht geglückt. Eine Flow-Untersuchung von Blomann, Keller und Bless (2006) mit dem Computerspiel *Tetris* und einem Mathematiklernprogramm zeigt, dass durch die individuelle Anpassung des Schwierigkeitsgrades an die Versuchsperson höhere Flow-Werte auftreten können. Für das Mathematiklernen fallen diese jedoch eher gering aus. Chan und Ahern (1999) untersuchten mit einem aus der Sportpsychologie adaptierten Fragebogen von Jackson (Jackson & Marsh, 1996) das Flow-Erleben unter vier Bedingungen: Lesen eines Word-Dokuments, Lesen einer CD-ROM, Suche in der Datenbank ERIC und Suche im World Wide Web. Die Unterschiede im Flow-Erleben waren zwischen den Versuchsbedingungen nicht sehr groß. Am geringsten war Flow beim Lesen des Word-Dokuments ausgeprägt. Auch Rheinberg und Trapp (2006) fanden, dass bei zweckorientierter Nutzung des Computers ein geringes Flow-Erleben auftrat – im Gegensatz zur Tätigkeit von Computerhackern. Konradt und Mitarbeiter (Konradt, Filip & Hoffmann, 2003; Konradt & Sulz, 2001) erforschten das Flow-Erleben mit Hypermedia-Dokumenten auf der Grundlage des Quadrantenmodells (Massimini & Carli, 1991). Bei etwa einem Drittel (Konradt & Sulz, 2001) bzw. einem Viertel (Konradt, Filip & Hoffmann, 2003) al-

ler Hypermedianutzer traten Flow-Ereignisse auf, die theoriekonform mit einer positiven Qualität des Erlebens einhergingen.

2.3 Flow- und Selbstbestimmungstheorie

Die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1985, 1993, 2002) beschäftigt sich ebenso wie die Flow-Theorie mit der Erklärung intrinsisch motivierten Handelns. Solche Handlungen um ihrer selbst willen sind nach Meinung von Deci und Ryan möglich, wenn die grundlegenden Bedürfnisse einer Person nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit erfüllt sind (s.a. Krapp, 2005). Während Flow-Erleben durch unmittelbare, in der Handlung liegende Ziele gefördert wird, hat die Selbstbestimmungstheorie einen anderen Fokus. Hier sind Streben nach Kompetenzerwerb und Selbstbestimmung ultimate Handlungsziele, die nicht unmittelbar, sondern letztgültig erreicht werden sollen (Schneider, 1996). Die beiden Theorien stehen folglich in keinem Widerspruch zueinander, sondern ergänzen sich gegenseitig (Schiefele & Köller, 2006). So ist bei optimaler Herausforderung der Person nicht nur das Bedürfnis nach Kompetenz, sondern auch die zentrale Voraussetzung für das Erleben von Flow erfüllt. In unserer Studie ergänzten wir daher wie in der Studie von Waterman et al. (2003) die Flow-Fragen durch Items zur Selbstbestimmungstheorie. Es wurde erwartet, dass Besucher bei den Tätigkeiten am Computer und an den Ausstellungsobjekten Gefühle von Flow und Selbstbestimmtheit erfahren, so wie es sich beispielsweise auch für aktives Sporttreiben, Computerspielen und Musizieren berichtet wird (Rheinberg, Vollmeyer & Engeser, 2003; Schiefele & Roussakis, 2006). Deshalb waren die Arbeitsaufträge, den Anregungen von Csikszentmihalyi und Hermanson (1995) folgend, mit einer eindeutigen Zielsetzung, klaren Ortsangaben und Hilfestellungen zum Auffinden passender Museumsobjekte und Multimediaseiten versehen.

3 Hypothesen

Bei der Studie im Naturkundemuseum gingen wir folgenden Hypothesen nach:

- (1) Aufgrund des ergänzenden Charakters von Flow- und Selbstbestimmungstheorie werden positive Zusammenhänge zwischen Flow-Erleben und Selbstbestimmtheit erwartet. Nach den empirischen Ergebnissen von Waterman et al. (2003) sollten Zusammenhänge in mittlerer Höhe auftreten.
- (2) Bei überdurchschnittlicher Ausprägung von Anforderung und Fähigkeit werden ein höheres Flow-Erleben und stärkere Selbstbestimmtheit vermutet als bei einer geringeren Ausprägung von Anforderung und Fähigkeit. Nach dem Quadrantenmodell sollten im Sektor Flow bei beiden Medien die höchsten Werte für Flow-Erleben sowie Selbstbestimmtheit auftreten. Im Bereich des computergestützten Lernens wird diese Hypothese durch die Befunde von Konradt et al. (2001, 2003) unterstützt. Auch sollten Personen, die sich im Sektor Flow befinden, einen höheren Wissenszuwachs aufweisen. Die Annahme nach höherem Wissenserwerb bei Flow-Erleben konnte bislang jedoch nur selten empirisch belegt werden (vgl. Engeser et al., 2005).

4 Methode

4.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 148 Schüler und Schülerinnen (57.4% weiblich) der sechsten bis neunten Klassen eines österreichischen Gymnasiums teil. Das Durchschnittsalter lag bei 13.10 Jahren ($SD = 1.28$). In dieser Altersgruppe besteht ein originäres Interesse an Tieren und Pflanzen, auch wenn es nicht mehr so hoch ausgeprägt ist wie bei jüngeren Kindern (Löwe, 1987, 1992; Urhahne, Jeschke, Krombaß & Harms, 2004). Österreichische Mädchen und Jungen verfügen außerdem über genügend Computerkenntnisse (Haider & Lang, 2001), um ein Informationssystem im Muse-

um sicher zu beherrschen. Ein Großteil der Schülerinnen und Schüler hatte das unweit ihrer Schule gelegene Museum bereits einmal besucht.

4.2 Material

Naturkundemuseum. Die Untersuchung wurde im Naturkundemuseum inatura – *Erlebnis Naturschau* in Dornbirn, Österreich, durchgeführt. Das zugrunde liegende museumspädagogische Konzept zielt darauf, den Besuchern Naturkunde als Abenteuer und Erlebnisreise durch die verschiedenen Lebensräume Vorarlbergs zu präsentieren (<http://www.inatura.at>). Dazu dienen zahlreiche lebende Tiere und Pflanzen, lebensnah präparierte Säugetiere zum Anfassen, Tierlaute im Hintergrund und großflächige 3D-Filmprojektionen. Für die Untersuchung wurden u.a. Aufgaben zu den ausgestellten Großsäugetieren wie Elch, Wisent und Braunbär und zu lebenden Tieren wie Hornissen entwickelt. Die verschiedenen Ausstellungsbereiche Gebirge, Wald, Wiese, Gewässer und Stadt des Naturkundemuseums werden durch die Inhalte eines speziell für das Museum entwickelten Informationssystems zur Biodiversität ergänzt.

Informationssystem. Die Aufgaben am Computer sollten von den Schülerinnen und Schülern mithilfe des leicht zu bedienenden Informationssystems zur Biodiversität gelöst werden. Das Informationssystem zeigt anhand großformatiger Bilder und verständlicher Texte die Vielfalt der Arten und ihrer Lebensräume im österreichischen Bundesland Vorarlberg. Zusätzlich bietet es einen Überblick über globale und lokale Fragen der biologischen Vielfalt der Erde. Eine umfangreiche Suchfunktion mit Glossar hilft bei der Beantwortung gezielter Fragestellungen. Insgesamt 16 Computer befinden sich inmitten dieser Ausstellungsbereiche.

Arbeitsaufträge. Die Arbeitsaufträge der Schülerinnen und Schüler enthielten 14 Aufgaben mit offenem und geschlossenem Antwortformat, von denen sechs mithilfe der Ausstellungsobjekte und fünf mithilfe des

Informationssystems zu lösen waren. Bei drei Aufgaben konnte frei entschieden werden, ob die Ausstellung oder der Computer als Informationsmedium genutzt werden. Passend zu den Aufgaben erhielten die Schülerinnen und Schüler Tipps für Recherchemöglichkeiten. Anhand der Ausstellungsobjekte ermittelten die Jugendlichen zum Beispiel die Lebensweise verschiedener heimischer Säugetiere und suchten nach Gründen, warum bestimmte Tiere in Vorarlberg ausgestorben sind. Mithilfe des Computers sollten sie u.a. ermitteln, wie viele Tier- und Pflanzenarten weltweit auf der Erde leben und Ursachen für eine mögliche Gefährdung dieser Artenvielfalt nennen. Um sich über die Lebensweise und vermeintliche Gefährlichkeit von Hornissen zu informieren, konnten die Untersuchungsteilnehmer zwischen der Informationsdatenbank des Computers und der Schautafel vor einem Plexiglaskasten mit lebenden Hornissen wählen. Die Arbeitsaufträge waren so gestellt, dass sie von den Schülerinnen und Schülern richtig gelöst werden konnten. Insgesamt wurden die Arbeitsaufträge zu 78 Prozent korrekt beantwortet, wobei keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Medien Computer und Ausstellungsobjekte auftraten.

Wissenstest. Korrespondierend zu den Arbeitsaufträgen wurde vor und nach der Untersuchung das Wissen zum Thema Biodiversität geprüft. Bei allen Wissensfragen konnten maximal zwei Punkte erreicht werden. Bei sechs Multiple-Choice-Fragen zum Computer verbesserten sich die Teilnehmer von Vortest ($M = .73$, $SD = .38$) zu Nachtest ($M = 1.14$, $SD = .48$) deutlich. Auch bei den fünf Multiple-Choice-Fragen zur Ausstellung war von Vortest ($M = 1.11$, $SD = .34$) zu Nachtest ($M = 1.28$, $SD = .36$) eine Verbesserung zu verzeichnen (vgl. Krombaß & Harms, 2006).

Flow-Skalen. Anforderungen und eigene Fähigkeiten bezüglich der Tätigkeiten am Computer bzw. in der Ausstellung wurden, wie von Rheinberg (2004) vorgeschlagen, anhand der Items „Verglichen mit dem, was ich sonst

mache, ist die Tätigkeit am Computer/in der Ausstellung ...“ (1 – leicht, 5 – schwer) bzw. „Ich denke, meine Fähigkeiten auf diesem Gebiet sind ...“ (1 – niedrig, 5 – hoch) während des Museumsrundgangs eingeschätzt. Die Durchschnittswerte aller Teilnehmer für Computer (Anforderungen: $M = 2.01$, $SD = 1.16$; Fähigkeiten: $M = 3.41$, $SD = 1.09$) bzw. Ausstellung (Anforderungen: $M = 2.29$, $SD = 1.07$; Fähigkeiten: $M = 3.43$, $SD = .98$) dienen wie bei Konradt et al. (2003) zur Festlegung der Sektoren Teilnahmslosigkeit, Angst, Flow und Langeweile nach dem Quadrantenmodell. Zur Erfassung des Flow-Erlebens wurde die Flow-Kurzskala (FKS) von Rheinberg et al. (2003) eingesetzt. Bei der Subskala „Glatter automatisierter Verlauf“ wurde allerdings auf das Item „Mein Kopf ist völlig klar.“ verzichtet. Bei der Subskala „Absorbiertheit“ wurde das Item „Ich bin völlig selbstvergessen.“ herausgenommen und durch die Items „Ich bin voll und ganz bei der Sache.“ und „Ich habe mich nicht von anderen Dingen ablenken lassen.“ aus der Arbeit von Remy (2000) ersetzt. Diese Items schienen uns für die befragte Altersgruppe angemessener zu sein. Bei allen zehn Items wurde eine fünfstufige Likert-Skala („stimmt gar nicht“, „stimmt wenig“, „stimmt teils teils“, „stimmt ziemlich“, „stimmt völlig“) verwendet. Für die Tätigkeit am Computer ergaben sich Reliabilitäten von Cronbachs $\alpha = .80$ (glatter Verlauf) und $\alpha = .63$ (Absorbiertheit); für die Tätigkeit in der Ausstellung wurden Reliabilitäten von $\alpha = .86$ (glatter Verlauf) und $\alpha = .84$ (Absorbiertheit) erzielt.

Selbstbestimmtheitsskalen. Selbstbestimmtheit bei der Tätigkeit am Computer bzw. in der Ausstellung wurde anhand von vier Skalen mit je drei Items aus dem „Intrinsic Motivation Inventory“ (Deci & Ryan, 2004) gemessen. Die Skala „Interesse/Vergnügen“ (Itembeispiel: „Ich fand die Computertätigkeit/die Tätigkeit in der Ausstellung sehr interessant.“) dient dabei als Selbstberichtsmaß für die intrinsische Motivation. Die Skalen „wahrgenommene Wahlfreiheit“ („Bei der Computertätigkeit/Tätigkeit in der Ausstellung konnte ich so vorgehen, wie ich

es wollte.“) und „Druck/Anspannung“ („Bei der Computertätigkeit/Tätigkeit in der Ausstellung fühlte ich mich angespannt.“) sind dem Autonomiebedürfnis zugeordnet. Die Skala „Kompetenzerleben“ („Ich glaube, ich war bei der Computertätigkeit/Tätigkeit in der Ausstellung ziemlich gut.“) spiegelt das Kompetenzbedürfnis. Für die Tätigkeit am Computer ergeben sich Reliabilitäten von Cronbachs $\alpha = .86$ (Interesse/Vergnügen), $\alpha = .77$ (Wahlfreiheit), $\alpha = .64$ (Druck/Anspannung) und $\alpha = .90$ (Kompetenzerleben). Für die Tätigkeit in der Ausstellung liegen die Werte bei $\alpha = .86$ (Interesse/Vergnügen), $\alpha = .84$ (Wahlfreiheit), $\alpha = .69$ (Druck/Anspannung) und $\alpha = .82$ (Kompetenzerleben).

4.3 Versuchsablauf

Die Schülerinnen und Schüler füllten vor dem Museumsbesuch im Klassenraum der nahegelegenen Schule einen Fragebogen von etwa 20 Minuten Dauer aus. Dieser enthielt neben soziodemographischen Variablen u.a. auch den Wissenstest. Anschließend wurden die Schulklassen zum Museum begleitet. Dort erhielten die Versuchspersonen je ein Klemmbrett mit den Arbeitsaufträgen, die sie dann in Zweiergruppen selbstständig bei einem einstündigen Rundgang durch das Museum bearbeiteten. In den Arbeitsaufträgen waren auch die Flow-Skalen enthalten, die jeweils einmal innerhalb einer Serie von Aufgaben am Computer bzw. zu den Ausstellungsobjekten zu beantworten waren. Auf eine Lautsprecherdurchsage hin kamen die Untersuchungsteilnehmer wieder in der Eingangshalle des Museums zusammen und füllten dort in etwa zehn bis fünfzehn Minuten den Fragebogen des Nachtests aus, der u.a. die Selbstbestimmtheitsskalen zu den Tätigkeiten am Computer und bei den Ausstellungsobjekten sowie den Wissenstest enthielt. In der Auswertung führen einzelne fehlende Werte von Versuchspersonen zu variierenden Freiheitsgraden.

5 Ergebnisse

In Tabelle 1 ist die Motivation für die Tätigkeiten am Computer und in der Ausstellung dargestellt. Mit Hilfe von Einstichproben-t-Tests wurden Konfidenzintervalle um die Mittelwerte der Motivationsskalen gegen den theoretischen Mittelwert von 3.0 der fünfstufigen Skala getestet. Die empirischen Mittelwerte der Flow- und Selbstbestimmtheitsskalen liegen über dem theoretischen Mittelwert. Glatter automatisierter Verlauf und Absorbiertheit als Maße für Flow-Erleben sind für beide Tätigkeiten deutlich höher als der theoretische Mittelwert ausgeprägt. Auch Interesse/Vergnügen, Wahlfreiheit und Kompetenzerleben sind bei beiden Medientypen überdurchschnittlich stark vorhanden. Zusammen mit den niedrigen Werten für Druck/Spannung sprechen diese Angaben für eine hohe Motivation der Probanden bei beiden Medien.

In der ersten Forschungshypothese wurde ein positiver Zusammenhang in mittlerer Höhe zwischen den Flow- und Selbstbe-

stimmtheitsskalen vermutet. Die Ergebnisse in Tabelle 2 stützen diese Hypothese. Dabei sind oberhalb der Diagonalen die Korrelationen für die Tätigkeit am Computer und unterhalb der Diagonalen die Korrelationen für die Tätigkeit in der Ausstellung dargestellt. Die Korrelationen fallen bei beiden Tätigkeiten etwa gleich hoch aus. Je höher die Wertungen für glatten automatisierten Verlauf und Absorbiertheit waren, desto höher wurden auch Spaß/Vergnügen, Wahlfreiheit und Kompetenzerleben eingeschätzt und desto weniger Druck und Anspannung empfunden.

Die zweite Forschungsfrage zielt darauf, ob im Flow-Sektor des Quadrantenmodells tatsächlich stärkeres Flow-Erleben und höhere Selbstbestimmtheitswerte auftreten als in den übrigen Sektoren. Tabellen 3 und 4 zeigen die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalysen (ANOVA) und Tukey-Tests für die Tätigkeiten am Computer bzw. in der Ausstellung hinsichtlich Motivation und Wissenserwerb.

Tab. 1: Deskriptive Statistik der Flow- und Selbstbestimmtheitsskalen und Einstichproben-t-Tests auf Abweichungen vom theoretischen Mittelwert der fünfstufigen Skalen

	Computer			Ausstellung		
	M	SD	t _(1, 139)	M	SD	t _(1, 130)
(1) Glatter Verlauf	3.78	.84	11.16***	3.68	.87	7.00***
(2) Absorbiertheit	3.61	.74	9.84***	3.54	.89	8.92***
(3) Interesse / Vergnügen	3.39	1.10	4.16***	3.83	.99	9.95***
(4) Wahlfreiheit	3.58	1.00	6.82***	3.67	.96	8.26***
(5) Kompetenzerleben	3.61	1.02	7.10***	3.66	.91	8.68***
(6) Druck / Anspannung	2.19	.96	-10.07***	2.33	1.01	-7.91***

Anmerkung. *** p < .001

Tab. 2: Bivariate Korrelationen zwischen Flow- und Selbstbestimmtheitsskalen

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) Glatter Verlauf	–	.59***	.45***	.59***	.64***	-.35***
(2) Absorbiertheit	.79***	–	.48***	.44***	.47***	-.20*
(3) Interesse/ Vergnügen	.44***	.54***	–	.65***	.51***	-.05
(4) Wahlfreiheit	.37***	.40***	.53***	–	.71***	-.25**
(5) Kompetenz- erleben	.59***	.46***	.57***	.59***	–	-.32***
(6) Druck / Anspannung	-.31***	-.19*	-.05	-.28**	-.35***	–

Anmerkungen. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. Angaben für den Computer oberhalb der Diagonalen, Angaben für die Ausstellung unterhalb der Diagonalen.

Tab. 3: Varianzanalytischer Vergleich (M, SD) der Motivation und des Wissenszuwachses für die Tätigkeit am Computer unter den vier Bedingungen des Flow-Modells

	Teilnahme- losigkeit	Angst	Flow	Langeweile	
Skala	$n = 37$	$n = 33$	$n = 9$	$n = 46$	$F_{(3, 122)}$
Glatter Verlauf	3.67 ^{ab} (.71)	3.19 ^a (.76)	3.89 ^{bc} (.54)	4.32 ^c (.50)	20.44***
Absorbiertheit	3.53 ^{ab} (.70)	3.17 ^a (.75)	3.69 ^{ab} (.63)	3.90 ^b (.62)	7.55***
Interesse/Vergnügen	3.37 ^{ab} (1.01)	2.98 ^a (1.14)	3.96 ^b (0.84)	3.51 ^{ab} (1.21)	2.43
Wahrg. Wahlfreiheit	3.59 ^{ab} (.93)	3.09 ^a (1.19)	3.56 ^{ab} (1.07)	3.99 ^b (.85)	5.34**
Kompetenzerleben	3.39 ^a (1.00)	3.08 ^a (1.08)	3.11 ^a (.83)	4.22 (.72)	12.01***
Druck / Anspannung	2.27 ^{ab} (.88)	2.51 ^b (1.05)	1.78 ^a (.62)	1.86 ^{ab} (.76)	4.35**
Wissenszuwachs	.37 (.48)	.43 (.45)	.47 (.43)	.44 (.49)	.21

Anmerkungen. ** $p < .01$, *** $p < .001$. Indizierte Buchstaben kennzeichnen homogene Untergruppen.

Für die Tätigkeiten am Computer werden fünf der sechs Varianzanalysen zur Motivation signifikant. Entgegen der verfolgten Hypothese erzielt die dem Sektor Flow zugeordnete Gruppe jedoch keine höheren Flow- und Selbstbestimmtheitswerte als die anderen Gruppen. Zwar werden hypothesenkonform die ungünstigsten Motivationswerte im Sektor Angst gemessen. Doch zeigt gerade die Gruppe Langeweile ein mindestens ebenso günstiges Motivationsprofil wie die Gruppe im Sektor Flow. Sie grenzt sich sogar gegenüber der Gruppe im Sektor Flow durch ein höheres Kompetenzerleben ab. Bezüglich des Computers kann folglich die Hypothese höherer Motivationswerte bei überdurchschnittlicher Ausprägung von Fähigkeiten und Anforderungen nicht aufrechterhalten werden. Hinsichtlich des Wissenszuwachses treten im Sektor Flow zwar etwas höhere Werte auf

als in den übrigen Sektoren, die Varianzanalyse erbringt jedoch kein signifikantes Ergebnis.

Bei der Tätigkeit in der Ausstellung fallen ebenfalls fünf der sechs Varianzanalysen zur Motivation signifikant aus. Entsprechend der formulierten Hypothese treten im Sektor Flow sehr hohe Motivationswerte auf. Umgekehrt schneiden die Gruppen Teilnahmslosigkeit und Angst am schlechtesten ab. In Einklang mit der Forschungshypothese hat der Faktor Absorbiertheit bei der Gruppe im Sektor Flow die höchste Ausprägung. Insgesamt zeichnet sich für diese Gruppe in der Ausstellung ein günstigeres Motivationsprofil ab als am Computer, auch wenn nicht alle Werte im Vergleich mit der Gruppe Langeweile signifikant werden. Auch hier sind die Unterschiede zwischen den Gruppen im Wissenszuwachs nicht signifikant.

Tab. 4: Varianzanalytischer Vergleich (M, SD) der Motivation und des Wissenszuwachses für die Tätigkeit in der Ausstellung unter den vier Bedingungen des Flow-Modells

	Teilnahmslosigkeit	Angst	Flow	Langeweile	
Skala	<i>n</i> = 24	<i>n</i> = 43	<i>n</i> = 10	<i>n</i> = 39	<i>F</i> _(3, 113)
Glatter Verlauf	3.48 ^a (.65)	3.16 ^a (.90)	4.28 ^b (.65)	4.12 ^b (.69)	13.52***
Absorbiertheit	3.57 ^a (.79)	3.12 ^a (.86)	4.38 (.66)	3.68 ^a (.83)	7.50***
Interesse/Vergnügen	3.83 ^{ab} (0.96)	3.39 ^a (1.01)	4.47 ^b (0.80)	3.90 ^{ab} (1.03)	3.97*
Wahrg. Wahlfreiheit	3.35 ^a (0.77)	3.43 ^a (1.04)	4.37 ^b (0.73)	3.85 ^b (1.00)	4.04**
Kompetenzerleben	3.70 ^{ab} (0.63)	3.04 ^a (0.95)	4.30 ^b (0.71)	4.02 ^b (0.78)	12.85***
Druck / Anspannung	2.31 ^a (1.06)	2.47 ^a (1.01)	1.93 ^a (.62)	1.95 ^a (.86)	2.38
Wissenszuwachs	.20 (.57)	.17 (.37)	.31 (.48)	.14 (.35)	.56

Anmerkungen. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. Indizierte Buchstaben kennzeichnen homogene Untergruppen.

6 Diskussion

Die Ergebnisse der Flow- und Selbstbestimmtheitsskalen zeigen, dass das Arbeiten am Computer und an den Ausstellungsobjekten von einem Großteil der Schülerinnen und Schüler als motivierend empfunden wurde. Das bestätigen auch die Ergebnisse von zusätzlichen Selbstberichtsitems, bei denen nach der Angemessenheit der Arbeitsaufträge gefragt wurde. Etwa 70% der Schülerinnen und Schüler gaben an, dass sowohl die Aufgaben am Computer als auch die zu den Ausstellungsobjekten von den Anforderungen her gerade richtig waren (Krombaß & Harms, 2006). Ein Flow-Erleben war also bei vielen Schülerinnen und Schülern von den Messwerten her theoretisch möglich. Die Aufteilung nach dem Quadrantenmodell zeigt jedoch, dass jeweils nur wenige Versuchspersonen dem Sektor Flow zuzuordnen sind. Doch muss auch das Quadrantenmodell, welches eine einzige Flow-Komponente, nämlich die Kombination von hohen Anforderungen mit hohen Fähigkeiten, mit Flow gleichsetzt, nicht zwingend richtig sein.

Bei der Messung von Flow erscheint es in jedem Fall zweckmäßig, zusätzliche Indikatoren heranzuziehen. In unserer Studie ergaben sich Belege für die erste Hypothese, nach der die Skalen zur Selbstbestimmtheit eine geeignete Ergänzung der Flow-Skalen darstellen. Sie zielen auf das gleiche Konstrukt – die intrinsische Motivation – und decken doch andersartige Aspekte des Verhaltens und Erlebens von Personen ab. Hervorzuheben ist dabei, dass Flow-Erleben während des Museumsbesuchs und Selbstbestimmtheit danach gemessen wurden und doch deutliche Zusammenhänge zu verzeichnen sind. Hier bestätigt sich auch die Aussage von Schiefele und Köller (2006), dass Flow- und Selbstbestimmungstheorie nicht in einem Gegensatz zueinander stehen, sondern sich gegenseitig ergänzen.

Die zweite Hypothese, nach der besonders hohe Motivationswerte im Flow-Sektor des Quadrantenmodells vermutet werden, kann aufgrund der Resultate jedoch nicht durchgängig aufrechterhalten werden. Beim Ar-

beiten mit dem Computer heben sich Flow- und Selbstbestimmtheitswerte im Flow-Sektor nicht statistisch bedeutsam von den Werten anderer Sektoren ab. Dieses könnte darin begründet liegen, dass Schülerinnen und Schüler Recherchen am Computer verhältnismäßig routiniert durchführen, da sie bereits über gute Computerkenntnisse verfügen. Damit sind die Voraussetzungen für Flow-Erleben – hohe Anforderungen bei hohen Fähigkeiten – nicht erfüllt. Beim Arbeiten mit den Ausstellungsobjekten wurde dagegen eine gute Übereinstimmung mit den Vorhersagen des Quadrantenmodells gefunden. Allerdings heben sich auch hier die Motivationswerte der Gruppe im Sektor Flow kaum statistisch bedeutsam von denen der Langeweile-Gruppe ab. Ein vergleichbares Ergebnis erzielten auch Ellis, Voelkl und Morris (1994) in einer Untersuchung mit Studierenden, bei der sie von der Experience Sampling Methode (Csikszentmihalyi & Larson, 1987) Gebrauch machten. In ihrer Studie zum Quadrantenmodell zeigte die Langeweile-Gruppe ebenso hohe Werte für positive Gestimmtheit und Vergnügen wie die Flow-Gruppe. Ellis et al. (1994) kommen deshalb zu dem Schluss, dass der Begriff „Langeweile“ möglicherweise unangemessen für Situationen ist, in denen die Fähigkeiten einer Person die Anforderungen der Aufgabe übersteigen. Sie schlagen zur Lösung der Problematik vor, die Kategorie „Langeweile“ umzubenennen, weil sie den affektiven Zustand der betreffenden Personen nicht adäquat widerspiegelt. Gleiches lässt sich auch über die Schülerinnen und Schüler unserer Studie sagen, die der Langeweile-Gruppe zugeordnet waren. Auch sie waren im Naturkundemuseum mit Interesse und Vergnügen bei der Sache und weisen hohe Flow-Werte auf. Vielleicht könnte diese Kategorie deshalb treffender als „Entspannung/Routine“ bezeichnet werden. Denn offenbar wird es von vielen Personen nicht unbedingt als langweilig empfunden, wenn Anforderungen leicht zu bewältigen sind. Dafür könnten Mechanismen verantwortlich sein, wie sie aus der Attributionsforschung bekannt sind. Erfolge,

die den eigenen Fähigkeiten zugeschrieben werden, führen zu Gefühlen der Zuversicht und Kompetenz (Weiner, 1994). Die Gruppe der Gelangweilten wird die erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben im Museum oft den eigenen Fähigkeiten zuschreiben, weil diese die von ihnen wahrgenommenen Anforderungen übersteigen. Dementsprechend hoch ist das selbstberichtete Kompetenzerleben für die Tätigkeiten am Computer und in der Ausstellung. In der Langeweile-Gruppe könnten sich also durchaus Personen befinden, die Flow erlebten.

Ein Grund für die geringen Übereinstimmungen der bisherigen Ergebnisse mit dem Quadrantenmodell könnte darin liegen, dass die Messung der Faktoren Anforderung und Fähigkeit selbst noch nicht genügend ausgereift ist, um genaue Aussagen über die Passung treffen zu können. Bislang liegen in der Literatur nur Verfahren vor, die Anforderung und Fähigkeit mit jeweils einem Item messen. Für zukünftige Studien sollte die Zuverlässigkeit der Gruppeneinteilung durch Mehrfachmessung von Anforderungen und Fähigkeiten noch erhöht werden. In Hinblick auf die Validität der Untersuchung lassen sich einschränkend auch die Kooperation der Versuchsteilnehmer, der Wettbewerbscharakter durch Arbeitsaufträge und die motivierende Wirkung einer außerschulischen Bildungseinrichtung anführen. Auf der anderen Seite machen genau diese Merkmale die Besonderheit eines Museumsbesuchs aus, den wir mit einer ökologisch validen Untersuchung im Naturkundemuseum abbilden wollten. So betonen Lewalter und Geyer (2005), dass gerade bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I die soziale Interaktion von besonderer Bedeutung ist.

Insgesamt zeigt die Studie, dass die Annahme vieler Museumsfachleute nach einem häufigen Flow-Erleben im Museum durchaus plausibel ist, aber empirisch noch weiter untersucht werden muss. Auch hinsichtlich der Vermutung, dass bei Flow-Erleben besser gelernt wird, besteht noch weiterer Forschungsbedarf. Für Lehrer, die einen Schulbesuch im Naturkundemuseum pla-

nen, besteht die Möglichkeit, den Aufenthalt motivierend und lernförderlich zu gestalten, indem sie die gestellten Anforderungen mit den persönlichen Fähigkeiten der Schülerinnen abstimmen. Ebenso können Museen durch eine das Flow-Erleben anregende Gestaltung der Ausstellungen dazu beitragen, Attraktivität und Informationswert gleichermaßen zu erhöhen und damit das informelle Lernen in außerschulischen Bildungseinrichtungen – gerade auch von Schülerinnen und Schülern – zu fördern.

7 Literatur

- Allen, S. (2004). Designs for learning: Studying science museums exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88, Suppl. 1, 17-33.
- Ameln-Haffke, H. & Schuster, M. (2006). Der Museumsbesuch als emotionales Erlebnis – Erlebnisverläufe im Kunstmuseum Bonn. In M. Schuster & H. Ameln-Haffke (Hrsg.), *Museumspsychologie. Erleben im Kunstmuseum* (S. 227-259). Göttingen: Hogrefe.
- Atkinson, J. W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64, 359-372.
- Blomann, F., Keller, J. & Bless, H. (2006, September). *Ein experimenteller Ansatz zum Test der Flow-Theorie: Effekte der experimentell variierten Passung von Anforderungen und Fähigkeiten auf Indikatoren des Flow-Erlebens*. Poster präsentiert auf dem 45. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.
- BMU (1997). *Umweltpolitik Agenda 21*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Chan, T. S. & Ahern, T. C. (1999). Targeting motivation – adapting flow theory to instructional design. *Journal of Educational Computing Research*, 21, 151-163.
- Csikszentmihalyi, M. (1985). *Das Flow-Erlebnis. Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Csikszentmihalyi, M. (2004). *Flow im Beruf. Das Geheimnis des Glücks am Arbeitsplatz*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Csikszentmihalyi, M. & Csikszentmihalyi, I. S. (Hrsg.). (1991a). *Die außergewöhnliche Erfahrung im Alltag. Die Psychologie des Flow-Erlebnisses*. Stuttgart: Klett-Cotta.

- Csikszentmihalyi, M. & Csikszentmihalyi, I. S. (1991b). Einführung in Teil IV. In M. Csikszentmihalyi & I. S. Csikszentmihalyi (Hrsg.), *Die außergewöhnliche Erfahrung im Alltag. Die Psychologie des Flow-Erlebnisses* (S. 275-290). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Csikszentmihalyi, H. & Hermanson, K. (1995). Intrinsic motivation in museums: What makes visitors want to learn? *Museum News*, 74, 34-37, 59-61.
- Csikszentmihalyi, M. & Jackson, S. A. (2000). *Flow im Sport. Der Schlüssel zur optimalen Erfahrung und Leistung*. München: BLV.
- Csikszentmihalyi, M. & Larson, R. (1987). Validity and reliability of the experience sampling method. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 175, 526-536.
- Csikszentmihalyi, M. & Robinson, R. E. (1990). *The art of seeing: An interpretation of the aesthetic encounter*. Los Angeles, CA: J. Paul Getty Museum.
- Csikszentmihalyi, M. & Schiefele, U. (1993). Die Qualität des Erlebens und der Prozeß des Lernens. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 207-221.
- Deci, E.L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (Hrsg.). (2002). *Handbook of self-determination research*. Rochester, NY: University of Rochester Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2004). Intrinsic Motivation Inventory (IMI). Retrieved July 31, 2004, from: <http://www.psych.rochester.edu/SDT/measures/intrins.html>
- Dierking, L. D., Falk, J. H., Rennie, L., Anderson, D. & Ellenbogen, K. (2003). Policy statement of the „informal science education“ ad hoc committee. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 108-111.
- Ellis, G. D., Voelkl, J. E. & Morris, C. (1994). Measurement and analysis issues with explanation of variance in daily experience using the flow model. *Journal of Leisure Research*, 26, 337-356.
- Engeser, S., Rheinberg, F., Vollmeyer, F. & Bischoff, J. (2005). Motivation, Flow-Erleben und Lernleistung in universitären Lernsettings. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 19, 159-172.
- Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2000). *Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning*. Walnut Creek, CA: Alta Mira Press.
- Haider, G. & Lang, B. (Hrsg.). (2001). *PISA Plus 2000 Nationaler Bericht*. Innsbruck: Studien-Verlag.
- Jackson, S. A. & Marsh, H. W. (1996). Development and validation of a scale to measure optimal experience: The flow state scale. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 18, 17-35.
- Konradt, U., Filip, R. & Hoffmann, S. (2003). Flow experience and positive affect during hypermedia learning. *British Journal of Educational Technology*, 34, 309-327.
- Konradt, U. & Sulz, K. (2001). The experience of flow in interacting with a hypermedia learning environment. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 10, 69-84.
- Krapp, A. (2005). Das Konzept der grundlegenden psychologischen Bedürfnisse. Ein Erklärungsansatz für die positiven Effekte von Wohlbefinden und intrinsischer Motivation im Lehr-Lerngeschehen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 626-641.
- Krombaß, A. & Harms, U. (2006). Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernförderliche Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 7-22.
- Lewalter, D. & Geyer, C. (2005). Evaluation von Schulklassenbesuchen im Museum. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 774-785.
- Löwe, B. (1987). Interessenverfall im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 11(124), 62-65.
- Löwe, B. (1992). *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie*. Weinheim: Deutscher Studienverlag.
- Massimini, F. & Carli, M. (1991). Die systematische Erfassung des Flow-Erlebens im Alltag. In M. Csikszentmihalyi & I. S. Csikszentmihalyi (Hrsg.), *Die außergewöhnliche Erfahrung im Alltag. Die Psychologie des Flow-Erlebnisses* (S. 291-312). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Massimini, F., Csikszentmihalyi, M. & Carli, M. (1987). The monitoring of optimal experience: A tool for psychiatric rehabilitation. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 175, 545-549.
- McManus, P. (1985). Worksheet-induced behaviour in the British Museum. *Journal of Biological Education*, 19, 237-242.
- Pfister, R. (2002). *Flow im Alltag*. Bern: Lang.
- Price, S. & Hein, G. E. (1991). More than a field trip: Science programmes for elementary school group at museums. *International Journal of Science Education*, 13, 505-519.
- Remy, K. (2000). *Entwicklung eines Fragebogens zum Flow-Erleben*. Bielefeld: Diplomarbeit. Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft.

- Rheinberg, F. (1996). Flow-Erleben, Freude an riskantem Sport und andere „unvernünftige“ Motivationen. In J. Kuhl & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation, Volition und Handlung. Enzyklopädie der Psychologie. C/IV/4* (S. 101-118). Göttingen: Hogrefe.
- Rheinberg, F. (2004). *Motivationsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.
- Rheinberg, F. (2005). Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In J. Heckhausen & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation und Handeln* (3. Aufl., S. 331-354). Berlin: Springer.
- Rheinberg, F. & Trapp N. (2006). Anreizanalyse intensiver Nutzung von Computern in der Freizeit. *Zeitschrift für Psychologie*, 214, 97-107.
- Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2003). Flow-Erleben in einem Computerspiel unter experimentell variierten Bedingungen. *Zeitschrift für Psychologie*, 211, 161-170.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinberg (Hrsg.), *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept* (S. 261-279). Göttingen: Hogrefe.
- Schäfer, H. (2006). Besucherforschung und Psychologie (Stiftung Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland, Bonn/Leipzig). In M. Schuster & H. Ameln-Haffke (Hrsg.), *Museumspsychologie. Erleben im Kunstmuseum* (S. 49-60). Göttingen: Hogrefe.
- Schallberger, U. & Pfister, R. (2001). Flow-Erleben in Arbeit und Freizeit. Eine Untersuchung zum Paradox der Arbeit mit der Experience Sampling Method. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 45, 176-187.
- Schiefele, U. & Köller, O. (2006). Intrinsische und extrinsische Motivation. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 304-310). Weinheim: BeltzPVU.
- Schiefele, U. & Roussakis, E. (2006). Die Bedingungen des Flow-Erlebens in einer experimentellen Spielsituation. *Zeitschrift für Psychologie*, 214, 207-219.
- Schneider, K. (1996). Intrinsisch (autotelisch) motiviertes Verhalten – dargestellt an den Beispielen des Neugierverhaltens sowie verwandter Verhaltenssysteme (Spielen und leistungsmotiviertes Handeln). In J. Kuhl & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation, Volition und Handlung. Enzyklopädie der Psychologie. C/IV/4* (S. 119-152). Göttingen: Hogrefe.
- Sandifer, C. (2003). Technological novelty and open-endedness: Two characteristics of interactive exhibits that contribute to the holding of visitor attention in a science museum. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 121-137.
- Urhahne, D., Jeschke, J., Krombaß, A. & Harms, U. (2004). Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 18, 213-219.
- Vollmeyer, R. & Rheinberg, F. (1998). Motivationale Einflüsse auf Erwerb und Anwendung von Wissen in einem computersimulierten System. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 12, 11-23.
- Waterman, A. S., Schwartz, S. J., Goldbacher, E., Green, H., Miller, C. & Philip, S. (2003). Predicting the subjective experience of intrinsic motivation: The roles of self-determination, the balance of challenges and skills, and self-realization values. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 29, 1447-1458.
- Weiner, B. (1994). *Motivationspsychologie*. Weinheim: BeltzPVU.
- Wild, E., Hofer, M. & Pekrun, R. (2006). Psychologie des Lernalers. In A. Krapp & M. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 203-267). Weinheim: BeltzPVU.

Kontakt

Angela Krombaß, Dr. Detlef Urhahne
Ludwig-Maximilians-Universität München
Department Biologie I – Didaktik der Biologie
Winzererstr. 45/II
80797 München
Telefon: +49 (0)89 2180-6490
Fax: +49 (0)89 2180-6491
didaktik.biologie@lrz.uni-muenchen.de

Autoreninformation

Dipl.-Biol. Angela Krombaß fertigte Ihre Dissertation über das Lernen zum Thema Biodiversität im Rahmen ihrer Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Didaktik der Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München an. Sie arbeitet derzeit im Staatlichen Schuldienst als Biologie- und Chemielehrerin.

Dr. Detlef Urhahne arbeitet als wissenschaftlicher Assistent in der Didaktik der Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Lernmotivation, epistemologische Überzeugungen und forschendes Lernen in den Naturwissenschaften.

Prof. Dr. Ute Harms ist Direktorin der Abteilung Biologiedidaktik am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel.

Ihre aktuellen Forschungsschwerpunkte sind empirische Arbeiten zum Computereinsatz im Museum, zum Einsatz metakognitiver Strategien und zur Förderung von Bewertungskompetenz im Biologieunterricht und in der Biologielehrausbildung.

Treffpunkt Biologische Vielfalt III	2003	201 - 206	Hrsg.: Bundesamt für Naturschutz, Bonn
-------------------------------------	------	-----------	--

Lernen mit Neuen Medien: TREBIS

Entwicklung und Erprobung eines Informationssystems zum Thema Biodiversität

Angela Krombaß, Detlef Urhahne & Ute Harms

Schlagwörter: Bildung, Biodiversität, Datenbank, Evaluation, Nachhaltigkeit, Naturkundemuseum, Neue Medien

1 Einleitung

Im dem von der Europäischen Union geförderten Projekt TREBIS wird ein multimediales Informationssystem zum Thema Biodiversität entwickelt und in einem österreichischen Naturkundemuseum eingerichtet und erprobt. Das Thema Biodiversität der breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen ist eine der Forderungen des Aktionsprogramms Agenda 21 (BMU 1997), das auf der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992 verabschiedet wurde. Vor allem Kinder und Jugendliche sollen auf zukünftige umweltpolitische Entscheidungsprozesse vorbereitet werden. Mit dem Informationssystem für Naturkundemuseen trägt TREBIS dazu bei, Informationen über Arten und Ökosysteme, deren Bedeutung für den Menschen sowie Ursachen für eine mögliche Gefährdung der biologischen Vielfalt gerade auch jüngeren Bevölkerungsgruppen zugänglich zu machen. Beeindruckende Erlebnisse mit Tieren und Pflanzen, die insbesondere durch eigene Naturbegegnungen oder auch durch die Nutzung von Medien herbeigeführt werden, sind eine Grundvoraussetzung für die Entstehung eines langandauernden Interesses für die Natur und die Bereitschaft zu späterem umweltbewussten Handeln (BERCK & KLEE 1992; BERCK 2001). Bei der Erprobung des Informationssystems, an der 1000 Schülerinnen und Schüler mitwirken, werden daher neben einem Zuwachs an Wissen auch Interesse sowie motivierende Wirkungen des Informationssystems untersucht.

2 Inhalte des Informationssystems

TREBIS - ein Akronym für „Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System“ - läuft seit Oktober 2001 im Rahmen des fünften Forschungsprogramms der Europäischen Union zum Handlungsschwerpunkt „Interaktives Publizieren, digitale Inhalte und kulturelles Erbe“. Am Projekt beteiligt sind das naturkundliche Museum Vorarlberger Naturschau in Dornbirn, die Salzburger Softwarefirma Biogis sowie die Didaktik der Biologie der Universität München. Ziel des didaktischen Konzepts, auf dem das Informationssystem basiert, ist zunächst nicht detailliertes Fachwissen wie z. B. Fakten zu einzelnen Organismen zu vermitteln, sondern beim Nutzer des Informationsprogramms Interesse anzuregen und die Bereitschaft zu fördern, mehr über Biodiversität erfahren zu wollen. Im Idealfall beschäftigt sich der Nutzer daher nach dem Museumsbesuch eigenständig und unabhängig vom Computer mit dem Thema.

Den Schwerpunkt des Informationssystems bilden folgende Aspekte der biologischen Vielfalt:

- Artenvielfalt und Verbreitung von Pflanzen und Tieren in ihrem Lebensraum, speziell in Vorarlberg;
- Informationen über ökologische Zusammenhänge;
- globale und lokale Veränderungen der biologischen Vielfalt durch den Einfluss des Menschen;

- Bedeutung der Biodiversität für den Menschen, nachhaltige Nutzung von nachwachsenden Ressourcen und ethische Aspekte der Nutzung.

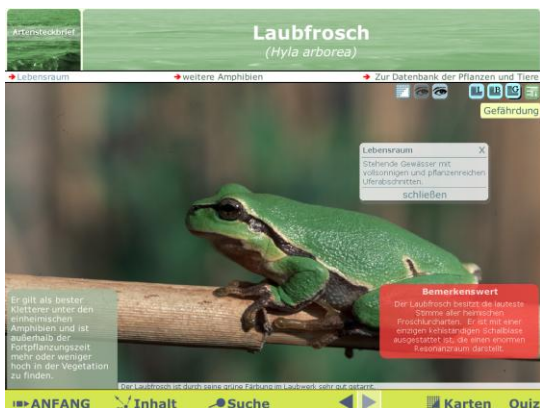


Abb. 1: Detailreiche Informationen zu Hunderten von Vorarlberger Arten und deren Lebensräumen werden mit großformatigen Bildern kombiniert.

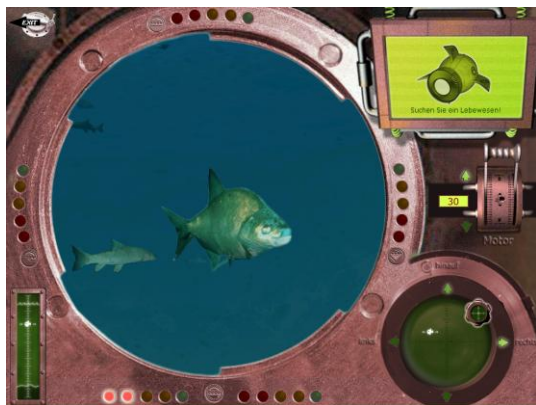


Abb. 2: In einem Quiz zur Biodiversität des Ökosystems See kann der virtuelle Bodensee mit einem U-Boot erkundet werden.

Einen Großteil der in dem Programm enthaltenen Daten, Fotos und Verbreitungskarten liefern die digitalen Archive der Vorarlberger Naturschau, welche auf biologischen Datenbanken basieren und mit einem geografischen Informationssystem (GIS) gekoppelt wurden. Dadurch kann das Informationssystem - im Gegensatz zu den sonst meist verwendeten CD-ROMs - von den Museumsmitarbeitern auf einfache Weise aktualisiert und erweitert werden.

Die Programminhalte werden so dargeboten, dass Nutzer die Informationen aktiv nach eigenen Interessenschwerpunkten zusammenstellen können. Außerdem erhalten sie die Möglichkeit, individuelle Problemlösungsstrategien zu ökologischen Fragestellungen selbst zu entwickeln. Der Zugang erfolgt über eine intuitiv und spielerisch gestaltete Oberfläche, die sich in mehrere Teilbereiche gliedert. Dabei bildet ein einführender Programmteil über die weltweite und lokale Bedeutung der biologischen Vielfalt den Rahmen. Detaillierte Steckbriefe über Vorarlberger Arten und Lebensräume (Abb. 1) sowie ein Kartenteil mit durch ein GIS-Programm dynamisch erstellten Landkarten und Luftbildern sind weitere Programmschwerpunkte. Ein Quiz zur Biodiversität des Bodensees (Abb. 2) bietet eine spielerische Einführung in die biologische Vielfalt und ihre Dynamik.

3 Schülerinnen und Schüler erproben das Informationssystem

TREBIS ist ein Entwicklungs- und Forschungsprojekt. Es wird ermittelt, ob Schülerinnen und Schüler durch das Informationssystem einen Überblick über und Interesse am Thema Biodiversität gewinnen können. Außerdem wird analysiert, welche Programmteile im Hinblick auf Inhalt, technische Details, Benutzerfreundlichkeit und Oberflächengestaltung noch angepasst werden müssen, bevor das Informationssystem im Naturkundemuseum dauerhaft eingerichtet werden kann.

Über 1000 Schülerinnen und Schüler, der überwiegende Teil im Alter von 10 - 18 Jahren, nahmen an der Evaluationsstudie teil (Abb. 3). 778 Testteilnehmer erkundeten das Informationssystem und beantworteten vor und nach der Lernphase mit dem Computer Fragebögen. Systemintegrierte Logging-Mechanismen hielten die von den verschiedenen Nutzern gewählten Pfade durch das Programm und die Verweildauer in einzelnen Programmabschnitten fest. Neben Multiple-Choice- und Zuordnungsaufgaben, mit denen Wissen und Verständnis getestet wurden, enthalten die Fragebögen auch Rating-Skalen, die Inte-

resse, Einstellungen der Versuchsteilnehmer sowie die Handhabbarkeit und Gestaltung des Programms erfassen. Eine Kontrollgruppe mit 255 Teilnehmern sah sich statt des Informationssystems einen Film über Biodiversität (British Broadcasting Company 2001) an. Der mit denselben beschriebenen Erhebungsinstrumenten erfasste Lernerfolg und die Motivation der Filmgruppe bilden eine Basis, von der sich die computergestützt lernende Gruppe positiv abheben sollte.

Insgesamt umfassen die Fragebögen 154 Testfragen. Sie wurden unter anderem nach den Kriterien Alter, Vorwissen, Interesse an Biologie und Geschlecht ausgewertet. Bei der Analyse der Daten kamen deskriptive (z. B. Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD)) sowie inferenzstatistische Verfahren (z. B. t-Tests) zum Einsatz. Im Folgenden werden erste Ergebnisse beschrieben.

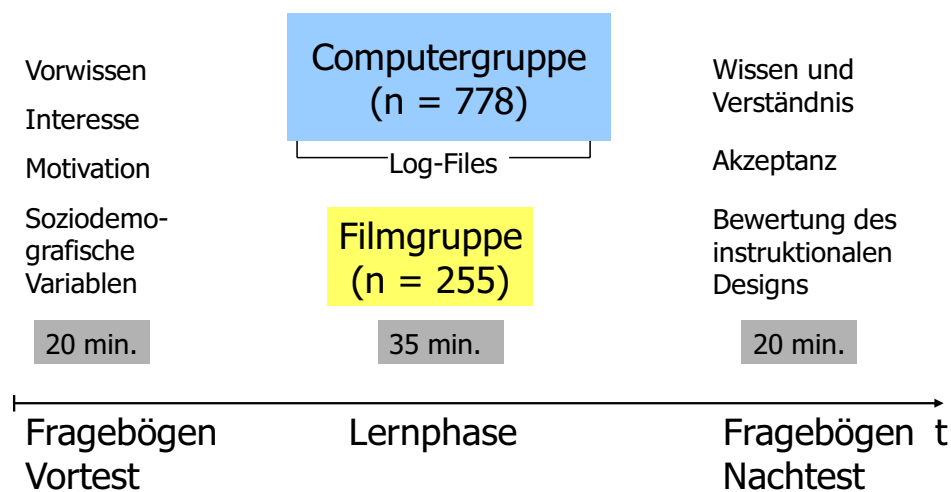


Abb. 3.: Evaluation des TREBIS-Informationssystems; Prä-Posttest-Design der Untersuchung mit einer Kontrollgruppe

4 Ergebnisse

Die bisherigen Resultate der Fragebogenauswertung geben Hinweise darauf, dass die Schülerinnen und Schüler durch die etwa halbstündige Sitzung am Computer Wissen über das Thema Biodiversität hinzugewannen. Bei sechs von elf Multiple-Choice-Fragen war ein signifikanter Wissenszuwachs zu verzeichnen ($p < .01$). So konnten vor der Nutzung des TREBIS-Informationssystems lediglich 34 % der Testteilnehmer die Frage nach der Zahl der weltweit bereits bekannten Arten richtig beantworten, nach der Lernphase mit dem Computer waren es bereits 55 % (Abb. 4). Zusätzlich zu diesen Multiple-Choice-Fragen wurden Verständnisfragen gestellt. Beispielsweise sollten die Schülerinnen und Schüler entscheiden, welche von insgesamt 22 Begriffen zur Definition von Biodiversität gehören und ob sich bestimmte Organismen (z. B. Parasiten) verringernd auf die biologische Vielfalt auswirken. Auch hier konnten die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe des Informationssystems ein tieferes Verständnis von Biodiversität erlangen. Im Vortest urteilte ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler, dass Parasiten die biologische Vielfalt eher verringern. Auch wurde nicht erkannt, dass Parasiten einen Teil der biologischen Vielfalt darstellen. Im Nachtest revidierte ein beträchtlicher Anteil der Versuchspersonen diese fehlerhaften Vorstellungen ($p < .001$).

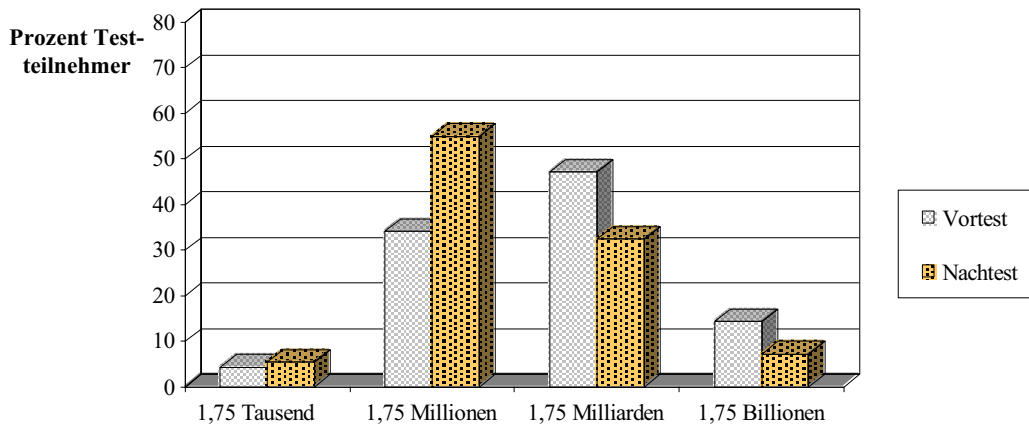


Abb. 4: Ergebnis der Multiple-Choice-Frage „Wie hoch ist ungefähr die weltweit bekannte Artenzahl?“ im Vortest-Nachtest-Vergleich. Die Zahl der richtigen Antworten („1,75 Millionen“) stieg nach der Lernphase mit dem Informationssystem TREBIS signifikant an ($p < .001$).

Erste Ergebnisse liegen auch beim Vergleich von Computergruppe und Filmgruppe bezüglich der Akzeptanz vor. Beide Gruppen wurden nach dem Interesse und dem Spaß, dem Druck oder der Anspannung sowie der wahrgenommenen Aufgabenkompetenz beim Bearbeiten des Computerprogramms beziehungsweise beim Ansehen des Films befragt. Die Resultate zeigen ein höheres Interesse und mehr Spaß an der Computerarbeit ($p < .05$), Anspannung und empfundener Druck waren bei beiden Gruppen relativ gering ($MW = 1,66$, $SD = 0,68$ bei der Computergruppe; gegenüber $MW = 1,49$, $SD = 0,55$ bei der Filmgruppe auf einer Skala von 1 „trifft nicht zu“ - 4 „trifft völlig zu“), allerdings bei der Computergruppe signifikant höher ausgeprägt ($p < .001$). Die wahrgenommene Kompetenz für die beiden Tätigkeiten wurde nicht unterschiedlich eingeschätzt.

Zusätzlich zu der Bewertung der Tätigkeiten wurde auch das Informationssystem selbst bewertet. Nach SONG & KELLER (2001) sollte ein Computerprogramm Aufmerksamkeit erregen, relevante Inhalte präsentieren, erfolgreich zu bearbeiten zu sein und damit Zuversicht und Zufriedenheit erzeugen. Beispielfür die im Fragebogen hierzu gestellten 32 Fragen wird in Abbildung 5 für jeden dieser Teilbereiche eine Frage vorgestellt. Die Daten zeigen, dass das Programm in allen vier Teilbereichen positiv bewertet wird.

Auch die einzelnen Abschnitte des Informationssystems TREBIS wurden einer Bewertung unterzogen. Von allen Programmteilen schnitt das Quiz zur Biodiversität des Bodensees am besten ab. Die Aussage „Der Programmteil ‚Quiz‘ hat mir sehr gut gefallen.“ erreichte einen Mittelwert von 3,51 ($SD = 0,79$) auf der vierstufigen Skala. Die weiteren Programmschwerpunkte - ein einführender Teil zur Biodiversität, ein Kartenteil sowie die Lebensraum- und Artensteckbriefe - wurden ebenfalls positiv bewertet. Hier lagen die Mittelwerte zwischen 2,75 und 2,87.

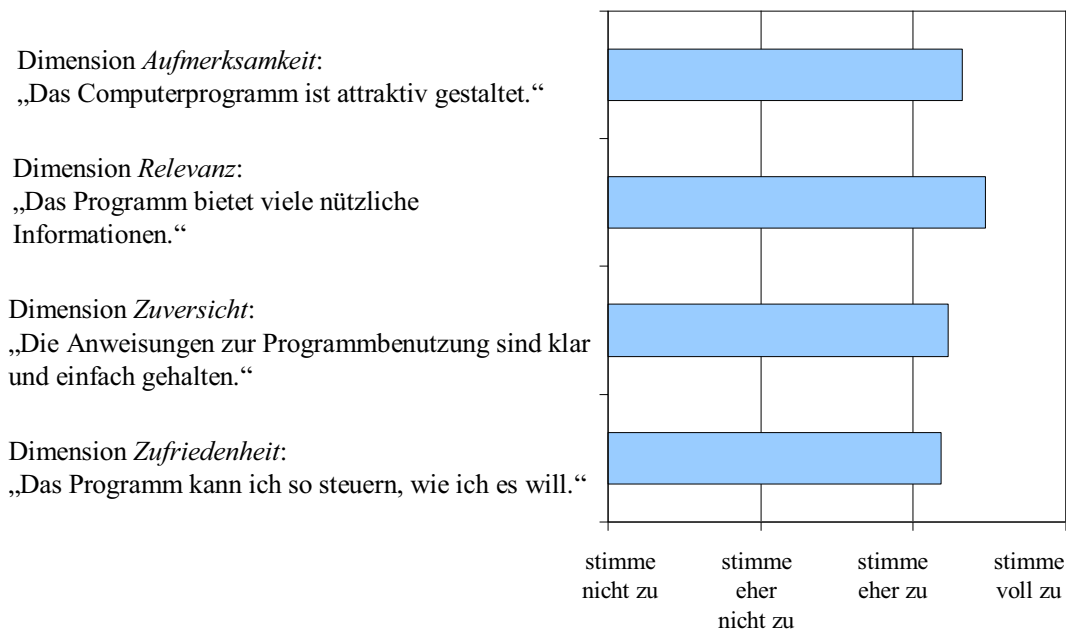


Abb. 5: Einschätzung des Informationssystems TREBIS durch die Testteilnehmer (n = 778) auf der Grundlage eines Motivationsmodells von SONG und KELLER (2001). Exemplarisch für jede Dimension ist der Mittelwert eines Items dargestellt.

5 Diskussion und Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Informationssystem insgesamt gut angenommen wird und Lernfortschritte erzielt werden können. Das Informationssystem schneidet bezüglich Interesse und Spaß am Thema besser ab als ein Film über Biodiversität, der zur Kontrolle eingesetzt wurde. Auch einige biologische Fehlvorstellungen, wie zum Beispiel der vermeintlich negative Einfluss von Parasiten auf die biologische Vielfalt konnten in positiver Richtung beeinflusst werden. Angesichts der Tatsache, dass Fehlvorstellungen schwer zu überwinden sind und selbst nach intensiven Vermittlungsbemühungen bestehen bleiben (VOSNIADOU 2001), ist dieses Ergebnis sehr positiv für das TREBIS-Programm zu bewerten. Allerdings kann mit dem Versuchsdesign nicht festgestellt werden, inwiefern medial vermittelte Naturerfahrungen langfristig Interesse und die Bereitschaft umweltgerecht zu handeln beeinflussen, wie dies für unmittelbare Naturerlebnisse belegt werden konnte (BÖGEHOLZ 1999).

Ein Abschlussbericht der Evaluation des Informationssystems wird der Europäischen Kommission im April 2003 vorgelegt. Die Ergebnisse dienen der Weiterentwicklung computergestützter Informationssysteme. Die Übertragung des Programms auf eine CD-ROM zum Einsatz an Schulen und anderen Institutionen wird bereits vorbereitet. Um das Informationssystem für weitere Nutzergruppen attraktiv zu gestalten, soll das bislang vor allem auf Vorarlberger Arten und Lebensräume basierende Programm auf weitere mitteleuropäische Lebensräume, wie zum Beispiel die Nordsee und darin auftretende Arten, ausgedehnt werden. Mittelfristige Zielsetzung ist es, die Software als Basis für die Vernetzung von Verbreitungsdatenbanken von Naturkundemuseen im europäischen Raum zu verwenden, um so das Thema Biodiversität auch über deutschsprachige Landesgrenzen hinweg der Öffentlichkeit näher zu bringen.

6 Literatur

- BERCK, K.-H. (2001): Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden. - 2. Aufl. - Wiebelsheim (Quelle+Meyer)
- BERCK, K.-H. & KLEE, R. (1992): Interesse an Tier- und Pflanzenarten und Handeln im Natur-Umweltschutz. - Frankfurt a. M. (Lang)
- BMU - BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1997): Umweltpolitik - Agenda 21. - 2. Aufl. - Bonn,
- BÖGEHOLZ, S. (1999): Qualitäten primärer Naturerfahrung und ihr Zusammenhang mit Umweltwissen und Umwelthandeln. - Opladen (Leske+Budrich)
- BRITISH BROADCASTING COMPANY (2001): Zur Lage des Planeten. Mit David Attenborough [DVD-Video]. - Grünwald (Komplett Media)
- DECI, E.L. & RYAN, R.M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. - Zeitschrift für Pädagogik 39(2): 223-238.
- SONG, S.H. & KELLER, J.M. (2001): Effectiveness of motivationally adaptive computer-assisted instruction on the dynamic aspects of motivation. - Educational Technology Research and Development 49(2): 5-22.
- VOSNIADOU, S. (2001): Conceptual change research and the teaching of science. - In: BEHRENDT, H. et al. [Ed.]: Research in science education - past, present, and future. - Dordrecht (Kluwer): 177-188.

Treffpunkt Biologische Vielfalt III	2003	Abstract	Hrsg.: Bundesamt für Naturschutz, Bonn
-------------------------------------	------	----------	--

Learning Topics on Biodiversity with New Media – TREBIS Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System

ANGELA KROMBASS, DETLEF URHAHNE & UTE HARMS

keywords: biodiversity, education, evaluation, new media, natural history museum

During the project TREBIS, funded by the European Commission, a multimedia information system on the topic of biodiversity was developed and subsequently evaluated in an Austrian natural history museum. Following aspects of biological diversity are included: species diversity of the Austrian region of Vorarlberg as well as dynamically created maps of species distribution; dynamics of global and local ecological processes; ethical issues of preserving biodiversity and sustainable use. The information system is based on biological databanks and a geographical information system (GIS), supplied by the digital archives of the natural history museum. The contents will be continuously updated and completed. More than 1000 museum visitors, mainly students aged 10 to 18 years, tested the information system during the trial. The evaluation encompassed cognitive (e. g. knowledge, understanding), motivational (e. g. interest, attitudes) and technical (e.g. user-friendliness) outcomes of the biodiversity information system. Data were obtained by questionnaires, interviews and a system-integrated keystroke-logging programme. Concerning interest and motivation first results indicate that the information system was well accepted. Pre-posttest-comparisons of multiple choice questions and classification tasks suggest positive learning effects. The results contribute to the improvement of learning processes with computer-based information systems.

Die Validierung von Fragebogen- erhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten

The Validation of Questionnaire Data on Interest in Animals and Plants with Log Files

Detlef Urhahne, Jonathan Jeschke, Angela Krombaß und Ute Harms

Ludwig-Maximilians-Universität München

Zusammenfassung: Die Untersuchung geht der Frage nach, ob ein mittels Fragebogen gemessenes subjektives Interesse an Tieren und Pflanzen sich mithilfe von objektiven Messdaten bei der Benutzung eines Informationssystems zur Biodiversität validieren lässt. Übereinstimmungen zwischen den beiden Messverfahren sind ein wichtiger Beleg für die externe Validität des häufig angewandten Verfahrens der Fragebogenmessung von Interesse. $N = 312$ Schüler zwischen 10 und 18 Jahren bearbeiteten in einem Naturkundemuseum einen Interessefragebogen und erkundeten selbstgesteuert einen computergestützten Informationsteil zu verschiedenen Organismengruppen. Die Interaktionen der Probanden mit dem Informationssystem wurden über Logfiles festgehalten. Die Fragebogenangaben bestätigten den aus der Forschungsliteratur bekannten Befund eines sinkenden Interesses an Organismen mit dem Erreichen höherer Jahrgangsstufen. Beim Vergleich der Fragebogendaten mit den Messdaten aus dem Informationssystem ergeben sich Übereinstimmungen, die für die Gültigkeit der Ergebnisse aus der Fragebogenerhebung sprechen.

Schlüsselwörter: Interesse, Fragebogen, Logfiles, Validität, Multimedia-Informationssystem

Summary: The study addresses whether subjective interest in animals and plants measured by questionnaires can be validated by objective log file data on the usage of a biodiversity information system. Correspondences between these two measurement procedures would indicate the external validity of the frequently applied procedure of measuring interest by questionnaires. $N = 312$ students between 10 and 18 years (grade 5 to 12) completed interest questionnaires in a natural history museum and freely explored a computer program that contains information on various groups of organisms. Students' interactions with the information system were recorded by log files. The questionnaire data showed a decline of interest in organisms with increasing grade, thereby confirming a well-known pattern from previous studies. Furthermore, the questionnaire data correspond to the data on the usage of the information system. This finding suggests that measuring interest by questionnaires is an externally valid procedure.

Keywords: Interest, questionnaire, log files, validity, multimedia information system

1 Theoretischer Hintergrund

Das Interesse an Tieren und Pflanzen wurde unter verschiedenen Aspekten in zahlreichen Untersuchungen erhoben (Berck & Klee, 1992; Finke, 1999; Gelhaar, Klepel & Fankhänel, 1999; Hesse, 1984; Löwe, 1987, 1992; Todt, 1978). In der Regel werden für die Interessenerhebung an Tieren und Pflanzen Fragebogen oder vorstrukturierte Interviews eingesetzt. Vergleichbare Ergebnisse in den verschiedenen Studien sprechen für die inhaltliche Validität der gewonnenen Ergebnisse. Allerdings beruhen die Interessendaten ausschließlich auf der Selbsteinschätzung der Lerner. Auf diese Weise bleibt fraglich, ob das subjektiv bekundete Interesse dem tatsächlichen Handeln aus Interesse entspricht. Entsprechende Bedenken gegenüber selbstberichteten Kognitionen sind nicht neu. Aus dem gleichen Grunde haben sich bereits die Behavioristen für eine Einschränkung der Datenerhebung allein auf das beobachtbare Verhalten ausgesprochen (Ericsson & Simon, 1980).

Das Ziel der vorliegenden Studie liegt in der Klärung der Frage, ob das selbstbekundete Interesse an Tieren und Pflanzen sich in entsprechenden Interessenhandlungen niederschlägt. Korrespondenzen zwischen dem subjektiven Interesse und dem objektiven Handeln im Bereich der biologischen Vielfalt würden einen wichtigen Beleg für die Gültigkeit des bekannten und häufig verwendeten Erhebungsverfahrens der Fragebogenmessung bedeuten.

Beginnend mit den programmatischen Vorarbeiten von H. Schiefele (1974; H. Schiefele, Hauser & Schneider, 1979) hat der Begriff des Interesses im Bereich der Pädagogik, der Psychologie und in den Fachdidaktiken in den letzten Jahrzehnten einen enormen Bedeutungsgewinn erfahren. Interesse zeigt sich in den selbstgewählten Handlungen einer Person gegenüber einem bestimmten Gegenstand. Als charakteristische Bestimmungsmerkmale des Interesses gelten positive Gefühle während des Handelns, eine besondere Wertschätzung des Interessenobjekts und die epistemische Tendenz, mehr über den Interessengegenstand erfahren zu wollen (Prenzel, Krapp & H. Schiefele, 1986; Wild, Hofer & Pekrun, 2001). Neben der definierenden Trias aus gefühlsbezogenen Valenzen, wertbezogenen Valenzen und einer epistemischen Orientierung verweisen Interessentheoreti-

ker auf eine gewisse Dualität des hypothetischen Konstrukts. Interesse kann sehr kurzzeitig oder schlagartig auftreten, wenn etwa Kinder über den unscheinbaren, bräunlich-schwarz gefiederten Mauersegler erfahren, dass er sich nahezu ständig, sogar zum Schlafen, in der Luft aufhält. Doch ebenso kann Interesse für eine zeitlich überdauernde Werthaltung stehen, wie sie etwa in der emotionalen Beziehung zwischen Mensch und Haustier zum Ausdruck kommt. Interessenforscher sprechen zur Unterscheidung der beiden Interessenformen von situationalem Interesse oder Interessiertheit bei einem kurzzeitigen emotionalen Erleben und von individuellem oder persönlichem Interesse bei einer langfristig wirksamen Interessenhaltung (U. Schiefele, 1996; Krapp, 2001). In Fragebogen- und Interviewstudien zum Interesse an Tieren und Pflanzen werden zumeist die dauerhaften Präferenzen von Personen untersucht.

Biologische Gegenstände scheinen für Interessenstudien in besonderer Weise geeignet zu sein. Bergin (1999) berichtet, dass Lehrer intuitiv bestimmte biologische Lehrinhalte wie Dinosaurier, Regenwälder oder Meeressäuger aufgrund ihres hohen Interessenwertes für den Unterricht auswählen, um das Schülerinteresse anzuregen (Zahorik, 1996). Kahn (1997) geht davon aus, dass ein grundlegendes, genetisch verankertes, menschliches Bedürfnis besteht, sich mit dem Leben und den Prozessen in der Natur zu beschäftigen. Im Allgemeinen zeigt sich bei entsprechenden Interessenuntersuchungen, dass ein höheres Interesse an der Biologie mit besseren fachlichen Leistungen einhergeht (U. Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993). Beim Thema «Tiere und Pflanzen» ist ein Absinken des Interesses von Schülern mit dem Erreichen höherer Jahrgangsstufen zu verzeichnen (Finke, 1999; Gelhaar et al., 1999; Hesse, 1984, Löwe, 1987, 1992). Die fallende Tendenz in den Interessenprofilen für tier- und pflanzenkundliche Themen lässt sich bereits ab der dritten Jahrgangsstufe beobachten (Löwe, 1992). Erst ab etwa Klasse neun stabilisiert sich das Interessenniveau für zoologische und botanische Unterrichtsthemen (Finke, 1999).

Einerseits zeichnen die verschiedenen Untersuchungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen damit ein sehr konsistentes Bild. Andererseits bleiben jedoch Zweifel an der Validität der Interessenerhebungen bestehen. Schließlich spiegeln die Fragebogenangaben nur subjektive Selbsteinschätzungen und keine objektiven Befunde wider. So ist bei Fra-

gebogenmessungen das Problem von validitätsgefährdenden Antworttendenzen bekannt (Bortz & Döring, 2002; Mummendey, 1999; Tränkle, 1983). Solche Antworttendenzen können am Frageninhalt orientiert sein und eine geringe Bereitschaft zur Selbstenthüllung, Tendenzen zur Selbstdarstellung, ein Streben nach Konsistenz oder konkrete Mutmaßungen über Untersuchungsziele beinhalten (Bortz & Döring, 2002; Mummendey, 1999). Doch kann auch unabhängig vom Frageninhalt eine Bevorzugung ganz bestimmter Antwortmöglichkeiten im Fragebogen erfolgen. Häufig genannte Validitätsgefährdungen sind Bejahungs- oder Zustimmungstendenzen, Tendenzen zur Mitte und zu den Extremen der Antwortskala, Positioneffekte und stereotype Antwortmuster (Tränkle, 1983). Über Kontrolltechniken wie ausbalancierte Antwortvorgaben, Kontroll- oder Lügenskala, «objektive Tests» (Cattell & Warburton, 1967) und die Aufforderung zu korrektem Antwortverhalten lassen sich die Validitätseinschränkungen zwar reduzieren, aber nicht vollkommen beseitigen (Bortz & Döring, 2002). Deshalb würde die Bestätigung der Ergebnisse einer Fragebogenuntersuchung durch weitgehend unbeeinflusste Messdaten einen wichtigen Beleg für die Gültigkeit der kritisierten Erhebungsmethode darstellen.

Ausgehend von den Ergebnissen der Interessenstudien zu Tieren und Pflanzen soll daher geprüft werden, ob sich die Interessenbekundungen in Selbstberichtsmaßen weiter objektivieren lassen. Als Untersuchungsgrundlage wird zunächst überprüft, ob in einer selbst durchgeführten Fragebogenstudie das Interesse an Tieren und Pflanzen in höheren Klassenstufen zurückgeht. Ein solches Ergebnis würde belegen, dass es sich bei der eigenen Fragebogenmessung nicht um einen stichprobenbedingten Befund handelt. Dies ist die notwendige Voraussetzung, um aus den Resultaten der eigenen Studie weitergehende, verallgemeinernde Schlussfolgerungen über die Validität von Fragebogenuntersuchungen zu ziehen.

Im zentralen Untersuchungsabschnitt wird über-

prüft, ob Korrespondenzen zwischen dem subjektiv berichteten Interesse an Tieren und Pflanzen im Fragebogen und den objektiv über Logfiles erfassten Interessenhandlungen bei der Verwendung eines Informationssystems zur Biodiversität auftreten. Entsprechende Übereinstimmungen würden zu einer Validierung der Ergebnisse aus den bisherigen Interessenstudien beitragen.

2 Methode

Die Auswertungen basieren auf Daten von 312 Schülern (51 % weiblich), die an der Evaluation eines Informationssystems zur Biodiversität teilgenommen haben. In die Datenauswertungen wurden all jene Versuchspersonen einbezogen, die vollständige Interesseangaben im Fragebogen machten und sich mit einem bestimmten Teil des Informationssystems beschäftigten. Dieser Teil beinhaltet weit reichende Angaben zu verschiedenen Arten im österreichischen Bundesland Vorarlberg. Aus der Tabelle 1 gehen die genauen Angaben zu Alter, Geschlecht und besuchter Klassenstufe der Probanden hervor.

Über eine Suchfunktion konnten die Systembenutzer den Informationsteil mit ökologischen Steckbriefen zu verschiedenen Tier- und Pflanzenarten Vorarlbergs erreichen. Wird in die Suchmaske der Name eines Lebewesens eingegeben, erscheint daraufhin eine Auflistung der Arten, in denen der gesuchte Name vorkommt. Zum Beispiel werden bei der Suche nach einem «Frosch» u. a. Grasfrosch, Laubfrosch, Moorfrosch, Seefrosch, Springfrosch, aber auch der Gemeine Froschlöffel, eine Blütenpflanze der Uferzone, aufgelistet. Neben der Artbezeichnung stehende Symbole verweisen auf weitere Text-, Bild- und Verbreitungsinformationen. Wird die gewünschte Art angeklickt, erscheint eine bildschirmfüllende Abbildung des betreffenden Lebewesens mit Hintergrundinformationen zu Lebensraum, Gefährdung und ökologischen Besonderheiten der Art. Das Informationssystem ist mit einer Vielzahl solcher ökologischer Steckbriefe ausgestattet, so dass sich ein Benutzer gezielt über Arten verschiedener Organismengruppen wie z. B. Säugetiere, Vögel, Blütenpflanzen oder Pilze informieren kann. Nachdem ein ökologischer Steckbrief aufgerufen wurde, kann der Benutzer (a) zur Suchfunktion zurück-

Tabelle 1: Geschlechts- und Altersverteilung der Stichprobe aufgeteilt nach Klassenstufen.

	fünf	sechs	sieben	acht	Klasse neun	zehn	elf	zwölf	Gesamt
Jungen	10	27	29	40	23	10	11	2	152
Mädchen	17	23	23	31	26	21	5	14	160
Altersmittelwert	11.00	11.86	12.98	14.18	15.08	16.06	17.13	17.88	14.00

kehren, (b) weitere Arten der gleichen Organismengruppe aufrufen, oder (c) über die Funktion «Lebensräume» in fünf verschiedenen Lebensräumen – Gewässer, Wald, Gebirge, Grünland und Siedlungsraum – neue Arten kennenlernen.

Die Untersuchung wurde in einem österreichischen Naturkundemuseum in der Bodenseeregion durchgeführt. In einem großen, hellen Raum des Museums waren zwanzig moderne Computerterminals aufgebaut, an denen Schüler für die Dauer von 35 Minuten individuell das Informationssystem zur Biodiversität erkunden konnten. Vor und nach der Beschäftigung mit dem Informationssystem wurden mittels Fragebogen das Interesse, die Motivation und der Wissensstand in Bezug auf das Thema Biodiversität gemessen. Hierbei wurde in Anlehnung an Berck und Klee (1992) im Vortest auch das subjektive Interesse an einzelnen Organismengruppen abgefragt. Auf einer fünfstufigen Ratingskala von «gering» bis «sehr groß» sollten die Schüler angeben, wie groß ihr Interesse an zehn vorgegebenen Tier- und Pflanzengruppen ist (Cronbachs $\alpha = .81$).

Während der Nutzung des Informationssystems wurden die Wege der Versuchsteilnehmer durch das System und ihre Eingaben in die Suchmaske mitgeloggt. Auf diese Weise wird dokumentiert, wie lange sich einzelne Personen auf bestimmten Programmseiten aufgehalten und nach welchen Tier- und Pflanzenarten sie gesucht haben. Die gemessenen Zeiten und erfassten Suchbegriffe dienen als objektive Indikatoren für Handlungen aus Interesse.

Die Zugriffszeiten aller Versuchsteilnehmer auf die ökologischen Steckbriefe wurden auf Plausibilität überprüft. Bei Verweilzeiten von über tausend Sekunden auf einzelnen Bildschirmseiten wurden die Daten von weitergehenden Analysen ausgeschlossen. Dies betraf zwei statistische Ausreißer.

3 Ergebnisse

3.1 Analyse der Fragebogendaten

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte des per Fragebogen erfassten Interesses an einzelnen Organismengruppen wiedergegeben. Zur gezielten Hypothesenprüfung wurden die Interessenprofile für einzelne Organismengruppen der Klassenstufen fünf bis zehn analysiert. Die Angaben von Schülerinnen und Schülern der Klassenstufen elf und zwölf wurden dabei ausgespart, da nur hier nur sehr geringe Fallzahlen vorlagen und ein Ungleichgewicht im Geschlechterverhältnis festzustellen war.

Die Berechnung einer multivariaten Varianzanalyse (MANOVA) zeigt, dass sich die sechs Klassenstufen in ihrem Interesse an den zehn Tier- und Pflanzengruppen signifikant voneinander unterscheiden, Wilks $\Lambda = .04$, $F(10, 260) = 594.4$, $p < .001$. Sich anschließende univariate Varianzanalysen (ANOVA) mit Post hoc-Mittelwertsvergleichen über Scheffé-Tests erbringen genauere Aufschlüsse. Signifikante Interessenrückgänge (a priori festgelegtes Signifikanzniveau von $p < .05$) lassen sich bei Säugetieren (Klasse 5 zu Klassen 8/9), Vögeln (Klasse 5 zu Klassen 7/8/9/10 sowie Klasse 6 zu Klasse 8) und Insekten (Klasse 5 zu Klasse 8 sowie Klasse 6 zu Klassen 8/9) diagnostizieren. Signifikant ($p < .05$) sinkt auch das Interesse an Fischen (Klasse 5 zu Klassen 7/8/9 sowie Klasse 6 zu Klasse 8), Blütenpflanzen (Klasse 5 zu Klassen 6/7/8/9/10 sowie Klasse 6 zu Klasse 9), Moosen/Farnen (Klasse 5 zu Klassen 8/9/10) und Mikroorganismen (Klasse 5 zu Klasse 9). Dagegen bleibt das Interesse an Lurchen/Kriechtieren,

Tabelle 2: Mittelwerte, Standardabweichungen und univariate F-Statistiken des im Fragebogen gemessenen Interesses an Tieren und Pflanzen in verschiedenen Klassenstufen.

Organismengruppe	5. Klasse		6. Klasse		7. Klasse		8. Klasse		9. Klasse		10. Klasse		F (5, 274)
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
Säugetiere	4.63	(.74)	4.10	(1.18)	4.00	(.99)	3.70	(1.13)	3.67	(.91)	3.94	(.81)	4.40**
Vögel	3.96	(.94)	3.38	(1.16)	3.06	(.96)	2.69	(1.05)	2.82	(.99)	2.81	(1.11)	7.60***
Lurche/Kriechtiere	2.96	(1.32)	2.74	(1.41)	2.71	(1.29)	2.49	(1.31)	1.98	(.90)	2.16	(.86)	3.79**
Insekten	3.11	(1.15)	3.02	(1.16)	2.54	(1.18)	2.17	(1.17)	2.20	(1.06)	2.19	(1.17)	5.57***
Spinnen	2.96	(1.48)	3.26	(1.41)	2.88	(1.48)	2.41	(1.43)	2.53	(1.42)	2.55	(1.26)	2.65*
Fische	3.85	(.91)	3.34	(1.32)	2.59	(1.40)	2.51	(1.24)	2.67	(1.14)	2.87	(1.20)	6.99***
Blütenpflanzen	4.04	(1.09)	3.02	(1.41)	2.33	(1.17)	2.53	(1.28)	2.10	(1.01)	2.55	(1.21)	10.86***
Moose/Farne	3.04	(1.16)	2.30	(1.28)	2.15	(1.21)	2.07	(1.13)	1.61	(.86)	1.65	(.84)	7.02***
Pilze	2.89	(1.28)	2.74	(1.24)	2.62	(1.40)	2.18	(1.27)	2.14	(1.31)	2.19	(1.19)	2.61*
Mikroorganismen	3.63	(1.57)	3.36	(1.54)	2.80	(1.51)	2.68	(1.43)	2.41	(1.31)	2.48	(1.23)	4.18**

Anmerkungen: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Tabelle 3: Mittelwerte und Standardabweichungen des Interesses im Fragebogen und der Interessenhandlungen im Informationssystem differenziert nach Organismengruppen.

Organismengruppe	Fragebogeninteresse		Aufenthaltsdauer (s)		gesuchte Arten	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Säugetiere	3.93	(1.02)	23.72	(65.81)	2.19	(3.11)
Vögel	3.04	(1.09)	5.73	(19.37)	.34	(.83)
Lurche/Kriechtiere	2.48	(1.23)	4.91	(19.87)	.45	(1.39)
Insekten	2.48	(1.19)	9.03	(28.20)	.26	(.79)
Spinnen	2.71	(1.43)	2.44	(16.37)	.34	(.92)
Fische	2.86	(1.29)	5.60	(22.14)	.66	(2.22)
Blütenpflanzen	2.66	(1.32)	12.01	(27.67)	.29	(.89)
Moose/Farne	2.07	(1.15)	.71	(5.63)	.00	(.00)
Pilze	2.45	(1.30)	.39	(4.01)	.02	(.16)
Mikroorganismen	2.85	(1.46)	.40	(2.59)	.01	(.11)

Spinnen und Pilzen über die Jahrgänge weitgehend konstant.

Zusammengenommen unterstützen die in Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse die Hypothese, wonach ein nachlassendes Schülerinteresse an Tieren und Pflanzen mit dem Erreichen höherer Jahrgangsstufen zusammenfällt. Sieben der zehn Organismengruppen werden von älteren Schülern als signifikant weniger interessant beurteilt als von jüngeren Schülern. Bei drei Organismengruppen ist ein Interessenrückgang mit statistischen Methoden nicht nachweisbar.

3.2 Analyse der Logfiles

Bei der Analyse der Logfiles wurde erstens die Aufenthaltsdauer der Versuchspersonen auf den verschiedenen Artensteckbriefen des Informationssystems berücksichtigt. Die Aufenthaltszeiten wurden anhand der selben Organismenkategorien wie im Fragebogen klassifiziert. Für jede Kategorie wurde dann die durchschnittliche Aufenthaltsdauer der Versuchspersonen berechnet. Diese Angaben sind in Tabelle 3 dargestellt.

Zweitens wurden die Eingaben der Versuchspersonen in die Suchmaske ausgewertet. Nach welchen Tieren und Pflanzen suchten die Schüler besonders häufig? Die ersten zehn Positionen der Suchbegriffe nehmen Spinne, Katze, Fisch, Hund, Hai, Schlange, Tiger, Pferd, Maus und Elefant ein. An siebzehnter Stelle der beliebtesten Suchwörter rangiert mit dem Hanf die erste Blütenpflanze. Insgesamt 1420 gesuchte Begriffe wurden nach Organismenkategorien klassifiziert. Dabei wurde auf die Angaben zu zwei weiteren Suchkategorien verzichtet. Zum ei-

nen wurde nach 17 anderen Lebewesen wie z. B. Krebsen gesucht, die sich nicht in die zu Grunde gelegte Taxonomie einordnen ließen. Zum anderen bezeichneten 459 weitere Suchbegriffe kein Lebewesen, sondern eine Sache, eine Tätigkeit oder Ähnliches. Für jede Kategorie wurde dann die durchschnittliche Anzahl von Suchbegriffen je Versuchsteilnehmer berechnet (s. Tabelle 3).

Ebenso in Tabelle 3 aufgeführt ist das durchschnittliche Interesse der Versuchsteilnehmer an den verschiedenen Organismengruppen. Bei Berechnung einer Produkt-Moment-Korrelation über die Kategorien zwischen den Interessenangaben aus dem Fragebogen und der Verweildauer auf den ökologischen Steckbriefen einzelner Organismengruppen ergibt sich mit $r = .77$ ($p < .01$) ein starker Zusammenhang. Ein ebenfalls starker Zusammenhang mit $r = .87$ ($p < .01$) zeigt sich, wenn über die Kategorien eine Produkt-Moment-Korrelation zwischen den Interessenangaben aus dem Fragebogen und den de facto eingegebenen Suchbegriffen berechnet wird. Das subjektiv berichtete Interesse an Tieren und Pflanzen und die objektiv messbaren Interessenhandlungen im Informationssystem stimmen über die Kategorien betrachtet gut miteinander überein.

Aufgrund vieler unbesetzter Zellen in der Rohdatenmatrix war es nicht möglich, die statistischen Zusammenhangsanalysen auf der Ebene der Versuchspersonen durchzuführen. Einen Ausweg aus dieser Problematik stellt die Zusammenfassung der Daten zu einer Kategorie anstelle von zehn Kategorien dar. Für welche Arten sich die Versuchspersonen interessieren, bleibt dann jedoch unberücksichtigt. Nichtsdestotrotz zeigt sich bei einer entsprechenden Analyse, dass das mithilfe des

Fragebogens gemessene allgemeine Interesse an Arten mit der Aufenthaltsdauer auf den Artensteckbriefen und der Anzahl gesuchter Arten jeweils zu $r = .14$ ($p < .05$) signifikant korreliert ist.

4 Diskussion

Das Hauptziel der vorliegenden Untersuchung war es, Korrespondenzen zwischen dem subjektiv berichteten Interesse an Tieren und Pflanzen in einem Fragebogen und den objektiv messbaren Interessenhandlungen in einem Informationssystem zur Biodiversität aufzudecken. Es fanden sich Übereinstimmungen des Fragebogeninteresses mit der Aufenthaltsdauer der Versuchsteilnehmer auf den ökologischen Steckbriefen und der Anzahl eingegebener Suchbegriffe zu einzelnen Organismengruppen. Zusammengenommen lassen sich die Daten als ein wichtiges Indiz für die Gültigkeit des Verfahrens der Fragebogenerhebung von Interessen an Tieren und Pflanzen interpretieren.

Dabei gilt die Erhebung von Interessen mithilfe von Fragebogen u. a. aufgrund von validitätsgefährdenden Antworttendenzen methodisch als nicht unumstritten. Ein methodisch anderes, weitgehend unbeeinflusstes Vorgehen wie die Analyse von Interessenhandlungen mithilfe von Logfiles in einem Informationssystem vermag die Gültigkeit der Fragebogenerhebung von Interessen abzusichern. In dieser Hinsicht sprechen die hier gewonnenen, vergleichbaren Ergebnisse der verschiedenen Messmethoden für die Validität der Fragebogenerhebung von Interessen. Worin sind die Gründe zu sehen, dass sich bei der Verwendung unterschiedlicher Messverfahren doch ähnliche Resultate einstellen?

H. Schiefele (1974) erklärt Interesse mit dem Kriterium der Selbstintentionalität. Im handelnden Umgang mit dem Interessengegenstand besteht kein Unterschied zwischen dem Wollen und dem Sollen. Das Handeln der Personen vollzieht sich in Einklang mit den eigenen Interessenlagen. Hier liegt vermutlich der Schlüssel für die Übereinstimmungen von bekundetem und gezeigtem Interesse an Tieren und Pflanzen. Die Schüler wollen mit dem bereitgestellten Informationssystem so umgehen, wie es ihrem tatsächlichen Handeln entspricht. Zugleich soll das für ein Naturkundemuseum entwickelte Informationssystem von

Schülern auch so genutzt werden, dass sie ihre Intentionen in aktives Handeln umsetzen können. Im Arteninformationsteil wird den Benutzern die Möglichkeit geboten, ihren Interessen an vielen verschiedenen Tier- und Pflanzenarten nachzugehen. Sie sind frei in der Auswahl ihrer Verhaltensweisen und spüren keinen äußeren Druck oder wahrnehmbare Widerstände, die ihr Handeln einschränken könnten. Deci und Ryan (1985) bezeichnen diesen Zustand als das Erleben von Autonomie. Nur wenn Personen über entsprechende Wahlfreiheiten verfügen, können sie ihr persönliches Interesse in faktisches Handeln umsetzen. Das Informationssystem mit den Möglichkeiten zur aktiven Suche nach beliebigen Organismen und einem breiten Angebot an ökologischen Steckbriefen bietet die erforderlichen Wahlfreiheiten. Auf diese Weise können Handlungen resultieren, die mit den Eigeninteressen gut übereinstimmen.

Autorenhinweise

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen des von der Europäischen Kommission geförderten Projekts «Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System with a multimedia front end, geographic information system and database system for public use in a natural history museum» (5. Rahmenprogramm, IST-2000-28667). Die Daten wurden mit hilfreicher Unterstützung von Christoph Bamberger, Georg Gschwend und Paul Schreilechner der Biogis Consulting GmbH sowie Rochus Schertler, Margit Schmid, Christine Tschisner und Klaus Zimmermann von der Vorarlberger Naturschau erhoben. Außerdem danken wir zwei anonymen Reviewern für das Kommentieren früherer Versionen dieses Artikels.

Literatur

- Berck, K.-H. & Klee, R. (1992). *Interesse an Tier- und Pflanzenarten und Handeln im Natur-Umweltschutz. Eine empirische Studie an Erwachsenen und ihre Konsequenzen für die Umwelterziehung*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Bergin, D. A. (1999). Influences on classroom interest. *Educational Psychologist*, 34, 87–98.

- Bortz, J. & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin: Springer.
- Cattell, R. B. & Warburton, F. W. (1967). *Objective personality and motivation tests*. Urbana: University of Illinois Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological Review*, 87, 215–251.
- Finke, E. (1999). Faktoren der Entwicklung von Biologieinteressen in der Sekundarstufe I. In R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessenforschung* (S. 103–117). Kiel: IPN.
- Gelhaar, K.-H., Klepel, G. & Fankhänel, K. (1999). Analyse der Ontogenese der Interessen an Biologie, insbesondere an Tieren und Pflanzen, an Humanbiologie und Natur- und Umweltschutz. In R. Duit & J. Mayer (Hrsg.), *Studien zur naturwissenschaftsdidaktischen Lern- und Interessenforschung* (S. 118–130). Kiel: IPN.
- Hesse, M. (1984). Empirische Untersuchungen zum Biologie-Interesse bei Schülern der Sekundarstufe I. *Naturwissenschaften im Unterricht – Biologie*, 32, 344–350.
- Kahn, P. H., Jr. (1997). Developmental psychology and the biophilia hypothesis: Children's affiliation with nature. *Developmental Review*, 17, 1–61.
- Krapp, A. (2001). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 286–294). Weinheim: Beltz PVU.
- Löwe, B. (1987). Interessenverfall im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 11, 62–65.
- Löwe, B. (1992). *Biologieunterricht und Schülerinteresse an Biologie*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Mummendey, H. D. (1999). *Die Fragebogen-Methode*. Göttingen: Hogrefe.
- Prenzel, M., Krapp, A. & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32, 163–173.
- Schiefele, H. (1974). *Lernmotivation und Motivlernen*. München: Ehrenwirth.
- Schiefele, H., Hausser, K. & Schneider, G. (1979). «Interesse» als Ziel und Weg der Erziehung. Überlegungen zu einem vernachlässigten Konzept. *Zeitschrift für Pädagogik*, 25, 1–20.
- Schiefele, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen: Hogrefe.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 120–148.
- Todt, E. (1978). *Das Interesse: Empirische Untersuchungen zu einem Motivationskonzept*. Bern: Hans Huber.
- Tränkle, U. (1983). Fragebogenkonstruktion. In H. Feger & J. Bredenkamp (Hrsg.), *Datenerhebung. Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich B, Serie I* (Bd. 2, S. 222–301). Göttingen: Hogrefe.
- Wild, E., Hofer, M. & Pekrun, R. (2001). Psychologie des Lerner. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 207–270). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.
- Zahorik, J. A. (1996). Elementary and secondary teachers' reports of how they make learning interesting. *Elementary School Journal*, 96, 551–564.

Dr. Detlef Urhahne
Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Biologie
Winzererstr. 45/II
D-80797 München
Tel. +49 89 2180-6492
Fax + 49 89 2180-6491
E-mail urhahne@lrz.uni-muenchen.de

8 Danksagung

An dieser Stelle bedanke ich mich für die vielfältige Unterstützung, die ich im Rahmen der Dissertation erfahren habe.

Allen voran danke ich Frau Prof. Dr. Ute Harms für die Betreuung der Arbeit, die Beratung in fachdidaktischen Fragestellungen und das mir stets entgegengebrachte Vertrauen.

Herr Dr. Detlef Urhahne beriet mich ausführlich in der Anwendung pädagogisch-psychologischer Methoden und statistischer Testverfahren. Für die wertvollen Anregungen bei der Verfassung der Manuskripte mein herzliches Dankeschön.

Allen Kollegen im Institut für Didaktik der Biologie gilt mein Dank für ihren fachkundigen Rat, ihre Offenheit nicht nur in Forschungsbelangen und für die gute Arbeitsatmosphäre.

Der Leiterin Dr. Margit Schmid und allen Mitarbeitern des Naturkundemuseums *inatura* in Dornbirn danke ich für die Unterstützung und Mitarbeit bei der Datenaufnahme. Herrn Paul Schreilechner und seinen Mitarbeitern von Biogis Consulting GmbH gilt mein Dank für die sehr gute Zusammenarbeit während der ersten Projektphase. An der Datenanalyse während der ersten Projektphase wirkte Herr Dr. Jonathan Jeschke mit, bei der Datenbearbeitung während der zweiten Projektphase unterstützte mich Frau Daniela Schürzinger.

Besonderen Dank schließlich auch an alle Schüler und Lehrer aus Vorarlberg, die an den Untersuchungen teilgenommen haben.

Lebenslauf

Angela Krombaß

Diplom-Biologin (Univ.)

E-Mail: Angela.Krombass@web.de

Forschungs- und Lehrtätigkeit

- | | |
|-------------|---|
| ab 2007 | Realschullehrerin Biologie und Chemie |
| 2007 - 2009 | Staatliche Realschule Ebersberg, Staatliche Realschule Freising
Erwerb des 2. Staatsexamens Biologie/Chemie an Realschulen durch Nachqualifikation

Ludwig-Maximilians-Universität München, Fakultät für Biologie, Didaktik der Biologie |
| 2003 - 2007 | Promotionsarbeit zum Thema „Lernen über das Thema Biodiversität“ |
| 2003 - 2007 | Wissenschaftliche Mitarbeiterin in Forschung und Lehre |
| 2001 - 2003 | Durchführung und Evaluation des Projekts der Europäischen Kommission „ <i>Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System</i> “ |

Publikationen, Tagungen, Lehr- und Gutachtertätigkeit

- | | |
|-------------|--------------------------------|
| 1999 - 2007 | siehe nachfolgende Aufstellung |
|-------------|--------------------------------|

Fortbildungen

- | | |
|---------|---|
| 04/2006 | Stimmbildung für die Lehre |
| 04/2005 | Projektmanagement |
| 08/2004 | Rhetorik-Programm <i>Profil</i> der LMU: „Professionell in der Lehre“ |

Studium

- | | |
|-------------|--|
| 1997 - 2000 | Ludwig-Maximilians-Universität München
Hauptstudium Diplom-Biologie; Studienfächer: Ökologie, Botanik, Zoologie, Landnutzungsplanung und Naturschutz; Diplomarbeit zum Thema „Gewässerökologie, untersucht an einem Fließrinnensystem“ |
| 1994 - 1996 | University of Wales, Swansea, Großbritannien
Studium der Meeresbiologie; Abschluss: <i>Bachelor of Science (Honours)</i> |
| 1992 - 1994 | Ludwig-Maximilians-Universität München
Grundstudium Diplom-Biologie |

Berufspraxis

2001	Fa. Biogis Consulting, Salzburg Projektkonzeption
1999 - 2001	Fakultät für Betriebswirtschaftslehre der TU München Betriebswirtschaftliche Teamassistenz
1997	Fa. Garten-Geiger, Baumschule, Deisenhofen Anleiten von Lehrlingen
1996	Prince of Wales Trust, Großbritannien Leitung von naturkundlichen Exkursionen
1991 - 1992	Gartenbaudirektion München Berufstätigkeit im Gartenbau
1991	Fa. Snowbrand, Sapporo, Japan Praktikum in der agrarwissenschaftlichen Abteilung
1989 - 1991	Fa. Braun – Gartengestaltung, Grünwald Abgeschlossene Ausbildung im Garten- und Landschaftsbau

Schulbildung

1979 - 1988	Gymnasium Unterhaching, Abitur im Juli 1988, anschließend Sprachaufenthalt (USA, Kanada)
-------------	---

Publikationen in Fachzeitschriften

- Krombaß, A. & Harms, U. (2008). Acquiring basic knowledge about biodiversity in a natural history museum – Are worksheets effective? *Journal of Biological Education*, 42, 157-163.
- Krombaß, A. & Harms, U. (2006). Ein computergestütztes Informationssystem zur Biodiversität als motivierende und lernförderliche Ergänzung der Exponate eines Naturkundemuseums. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 7-22.
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2007). Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit Computern und Ausstellungsobjekten in einem Naturkundemuseum. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 87-101..
- Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003). Lernen mit Neuen Medien: TREBIS – Entwicklung und Erprobung eines Informationssystems zum Thema Biodiversität. In H. Korn & U. Feit (Hrsg.), *Treffpunkt Biologische Vielfalt III: Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt* (S. 201-206). Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN).
- Harms, U. & Krombaß, A. (2008). Lernen im Museum - das Contextual Model of Learning. *Unterrichtswissenschaft*, 36, 150-166.

Urhahne, D., Jeschke, J., Krombaß, A. & Harms, U. (2004). Die Validierung von Fragebogenerhebungen zum Interesse an Tieren und Pflanzen durch computergestützte Messdaten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 18, 213-219.

Weitere Publikationen

Krombaß, A. & Harms, U. (2005). Computergestütztes Lernen im Naturkundemuseum. In H. Bayrhuber et al. (Hrsg.), *Bildungsstandards Biologie* (S. 143-146). Kassel: Verband Deutscher Biologen.

Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003). Alters- und Geschlechtsunterschiede beim außerschulischen Lernen mit einem computergestützten Informationssystem zur Biodiversität. In A. Bauer et al. (Hrsg.), *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen* (S. 205-208). Kiel: IPN.

Schreilechner, P., Krombaß, A., Urhahne, D., Jeschke, J. & Harms, U. (2002). Multimediales Lernen im Naturkundemuseum Dornbirn. Das EU-Projekt „TREBIS“ – Informationen über Artenvielfalt und Ökologie. In Umweltdachverband (Hrsg.), *Leben in Hülle und Fülle. Vielfältige Wege zur Biodiversität* (S. 119-122). Wien: Forum Umweltbildung.

Urhahne, D. & Krombaß, A. (2010). Förderung des Flow-Erlebens. In U. Spörhase & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie-Methodik - Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 52-54). Berlin: Cornelsen-Scriptor.

Urhahne, D. & Krombaß, A. (2002). Interesse und Motivation für ein Datenbanksystem zur Biodiversität. In H. Vogt & C. Retzlaff-Fürst (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*. (S. 11-26). Rostock: Universitätsdruckerei.

Tagungsbeiträge

Krombaß, A. & Harms, U. (2006, September). Vortrag. *Cognitive and motivational effects of a computer-based information system on the topic of biodiversity supplementing the exhibits of a natural history museum*. International Conference of European Researchers in Didactics of Biology, London.

Krombaß, A. & Harms, U. (2005, März). Vortrag. *Computergestütztes Lernen im Naturkundemuseum*. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im Verband Deutscher Biologen: Bildungsstandards Biologie, Bielefeld.

Krombaß, A., Harms, U. & Mayer, J. (2004, Dezember). Workshop. *Entwicklungspolitische Bildung und Nachhaltige Entwicklung*. III. Fachtagung der Kultusministerkonferenz (KMK) und des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ), Bonn.

Krombaß, A., Urhahne, D. & Harms, U. (2003, September). Vortrag. *Biodiversität mit Neuen Medien entdecken*. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im Verband Deutscher Biologen, Internationales Symposium der Gesellschaft für Fachdidaktik, Berlin.

Krombaß, A., Urhahne, D., Jeschke, J., & Harms, U. (2003, Juni). Vortrag. *Außerschulisches Lernen mit einem multimedialen Informationssystem: Unterschiede in*

Interesse und Wissenszuwachs bei Jungen und Mädchen. Fachtagung für empirische Unterrichts- und Schulforschung „Heterogenität – Differenzierung – Integration“, Göttingen.

- Krombaß, A., Harms, U. & Schreilechner, P. (2003, Februar). Projektpräsentation. *Trial and Evaluation of a Biodiversity Information System.* Konferenz der Europäischen Kommission „Cultural Heritage Projects“, Luxemburg.
- Krombaß, A., Urhahne, D., Jeschke, J., & Harms, U. (2002, Oktober). Poster. *Learning with New Media.* International Conference of European Researchers in Didactics of Biology: “Biology Education for the Real World, Student – Teacher – Citizen”, Toulouse.
- Krombaß, A. & Harms, U. (2002, August). Vortrag. *Interesse und Motivation beim Lernen mit einem Datenbanksystem zur Biodiversität.* Interdisziplinäre Expertentagung im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt, Insel Vilm, Rügen.
- Krombaß, A., Schreilechner & Harms (2002), Projektpräsentation, *Development of a Biodiversity Information System.* Internationale Konferenz “Electronic Imaging & Visual Arts“, London.
- Krombaß, A. Matthäi, C. & Diehl, S. (2000, September). Vortrag. *Das gläserne Bachbett: Verhaltensbeobachtungen an Steinfliegen- und Eintagsfliegenlarven in künstlichen Fließbrinnen.* Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie, Magdeburg.
- Krombaß, A. (1999, Februar). Tagungsteilnahme. „Nachhaltigkeit – ein forstwirtschaftlicher Begriff geht um die Welt“. Evangelische Akademie, Tutzing.

Lehrtätigkeit an der Fakultät Biologie, Didaktik der Biologie (2003 – 2007)

Übungen: Biologische Arbeitsweisen; Tier-, Pflanzenbestimmung im Schulunterricht

Seminare: Ökologische Arbeitsweisen; Außerschulische Lernorte

Exkursionsleitung: Bayerischer Wald, Alpenzoo Innsbruck, Vogelpark Schmiding/Österreich

Gutachtertätigkeit

Gutachten: 4th Engineering & Product Design Conference „Educating Designers for a Global Context“, September , 2006, Salzburg

Angela Krombaß,

München, April 2010

Ehrenwörtliche Versicherung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Dissertation von mir selbst und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt worden ist. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Ferner erkläre ich, dass die Arbeit an keiner anderen Hochschule als Dissertation eingereicht worden ist und noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen hat.

Angela Krombaß

September 2007

Erklärung über frühere Promotionsversuche

Hiermit erkläre ich, dass dies mein erster Promotionsversuch ist.

Angela Krombaß

September 2007